



TESIS BM 185407

**PENENTUAN *INVENTORY POLICY* UNTUK
MENDUKUNG PENGELOLAAN
PEMELIHARAAN GAS TURBIN M701D PADA
PERUSAHAAN PEMBANGKIT LISTRIK**

KOKO NURDIONO
NRP. 09211650014017

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

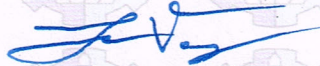
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

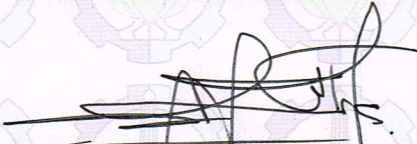
KOKO NURDIONO
NRP. 09211650014017

Tanggal Ujian : 15 Januari 2019
Periode Wisuda : Maret 2019


Disetujui oleh:


1. **Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D.**
NIP. 197109271999031002

(Pembimbing)


2. **Dr. Ir. Bambang Svairudin, M.T.**
NIP. 196310081990021001

(Penguji)


3. **Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.**
NIP. 198407062009122007

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi,




Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc
NIP. 19590318 198701 1 001

Halaman ini sengaja dikosongkan

PENENTUAN *INVENTORY POLICY* UNTUK MENDUKUNG PENGELOLAAN PEMELIHARAAN GAS TURBIN M701D PADA PERUSAHAAN PEMBANGKIT LISTRIK

Nama mahasiswa : Koko Nurdiono
NRP : 09211650014017
Pembimbing : Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRAK

Salah satu acuan standar kinerja Pembangkit listrik yang dipakai di lingkungan PT. PLN adalah *Equivalent Availability Factor* (EAF). EAF menunjukkan kesiapan unit pembangkit listrik untuk menghasilkan tenaga listrik dalam satu tahun. Sebuah peralatan yang beroperasi terus menerus pasti akan mengalami penurunan unjuk kerja. Untuk itu pada periode tertentu harus dilakukan aktivitas pemeliharaan pada peralatan sehingga peralatan memiliki unjuk kerja seperti semula. Perusahaan pembangkit menerapkan strategi pemeliharaan berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM sangat tergantung dari hasil analisis *failure mode effect and criticality* sebuah peralatan pembangkit listrik. Strategi pemeliharaan ini harus didukung dengan kebijakan inventori sehingga tercapai tujuan pemeliharaan. Saat ini perusahaan dalam menentukan kebijakan persediaan *spare part* berdasarkan usulan dari bagian pemeliharaan unit pembangkit dan belum mempertimbangkan karakteristik permintaan *spare part* dan adanya *shortage cost* padahal pada kenyataannya ketidaktersediaan *spare part* dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Dari hasil penelitian diketahui *spare part* yang digunakan untuk pemeliharaan korektif dan *condition based maintenance* Gas Turbin M701D sebanyak 28 *spare part*. Pola permintaan *spare part* sebesar 93% memiliki permintaan *intermittent* dengan *criticality* tinggi sebanyak 3 *spare part*, *criticality* sedang sebanyak 10 *spare part* dan *criticality* rendah sebanyak 15 *spare part*. Penentuan nilai *reorder point* dan *reorder quantity* untuk *spare part* dengan *criticality* tinggi dan 4 *spare part* dengan *criticality* sedang dilakukan dengan pendekatan model *uncertain demand with shortage cost* dan *service level* sebesar 100%. Sedangkan *spare part* dengan *criticality* rendah dilakukan penentuan *reorder point* dan *reorder quantity* berdasarkan *service level* 95%.

Kata kunci: *Gas turbin M701D, Inventory Policy, Reorder Point dan Reorder Quantity*

Halaman ini sengaja dikosongkan

DETERMINING INVENTORY POLICY TO SUPPORT MAINTENANCE STRATEGY OF GAS TURBIN M701D IN POWER PLANT COMPANY

By : Koko Nurdiono
Student Identity Number : 09211650014017
Supervisors : Prof. Iwan Vanany ST., MT., Ph.D

ABSTRACT

One of the benchmarks of performance standards for power plants used in PT. PLN is Equivalent Availability Factor (EAF). EAF shows the readiness of the power plant unit to produce electricity in one year. An equipment that operates continuously will surely experience a decrease in performance. Therefore, after a certain period of time, a maintenance program must be carried out on the equipment so that it has the same performance as before. The power plant applies a maintenance strategy based on the Reliability Centered Maintenance (RCM) method. RCM is very dependent on the results of the analysis of failure mode effect and criticality of an power plant equipment. This maintenance strategy must be supported by inventory policies so that maintenance objectives are achieved. At present the company in determining the spare part inventory policy based on proposals from the maintenance engineer and has not considered the demand characteristics of spare parts and the existence of shortage costs even though in reality the unavailability of spare parts can cause losses to the company. From the results of the study, it is known that the spare parts used for corrective maintenance and condition based maintenance of M701D Gas Turbines are 28 spare parts. The pattern of demand for spare parts as much as 93% has intermittent demand with a high criticality of 3 spare parts, medium criticality as many as 10 spare parts and low criticality of 15 spare parts. Determination of reorder point and reorder quantity values for spare parts with high criticality and 4 spare parts with criticality are being carried out with the model approach of uncertain demand with shortage cost and service level of 100%. While spare parts with low criticality are determined by reorder point and reorder quantity based on service level 95%.

Keywords: *Gas Turbine M701D, Inventory Policy, Reorder Point dan Reorder Quantity*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Penelitian ini dilakukan guna mendapatkan sebuah kebijakan persediaan suku cadang dalam periode waktu tertentu untuk mendukung kegiatan pemeliharaan pada sebuah perusahaan pembangkit listrik. Penentuan kebijakan persediaan suku cadang didasarkan pada penentuan strategi pemeliharaan yang diperoleh dari prioritas pemeliharaan berdasarkan tingkat kekritisannya suatu suku cadang peralatan unit pembangkit.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi bagi perusahaan pembangkit listrik dalam menentukan kebijakan persediaan suku cadang dimana selama ini dilakukan secara manual di perusahaan tersebut sehingga dapat memenuhi permintaan suku cadang saat dilakukan pemeliharaan dan dapat meningkatkan kehandalan maupun kesiapan unit pembangkit.

Rasa syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT. yang senantiasa memberikan rahmat, hidayah serta kekuatan untuk selalu berada di atas jalan kebenaran. Selain itu ungkapan terimakasih setulusnya saya sampaikan ke banyak pihak atas dukungannya dalam penyusunan proposal tesis:

1. Kedua orang tua yang saya hormati dan muliakan, H. Muhadi dan Hj. Maisita yang senantiasa membimbing dan mendoakan yang terbaik buat putra putrinya.
2. Bapak Prof. Iwan Vanany, ST, MT, Ph.D selaku pembimbing yang senantiasa perhatian dan meluangkan waktu untuk memberikan ide – ide, kritik dan saran dalam penyusunan tesis.
3. Bapak Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.ENG, Ph.D, CSCP selaku kepala departemen Magister Manajemen Teknologi (MMT).
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T dan Ibu Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberi banyak saran untuk perbaikan tesis.
5. Bapak/Ibu dosen pengajar kuliah di MMT-ITS yang dengan sepenuh hati telah mengajarkan ilmu dan pengetahuannya untuk kemajuan putra-putri bangsa.

6. Segenap staff, karyawan dan jajaran pengurus MMT-ITS yang menyediakan pelayanan, fasilitas dan dukungan selama menjalankan perkuliahan dan penyusunan proposal tesis ini.
7. Rekan – rekan kerja di Unit Pembangkit Gresik yang selalu mendukung, memberi masukan dan ide – ide selama penelitian.
8. Rekan-rekan kuliah, terutama teman-teman angkatan MMT-ITS 2017 yang banyak memberikan masukan, nasihat, kritikan dan dukungan selama menjalankan perkuliahan dan penyusunan proposal tesis ini.

Dengan segala keterbatasan upaya dan ilmu, saya menyadari proposal tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Masukan berupa kritik dan saran dari pembaca sangat saya harapkan demi kesempurnaan tesis ini. Semoga dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Surabaya, 25 Januari 2019

Hormat Saya,

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Asumsi Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>).....	5
2.2 Klasifikasi Pekerjaan Pemeliharaan.....	5
2.3 <i>Realibility Centered Maintenance</i>	7
2.4 Teori Persediaan Suku Cadang	8
2.4 <i>ABC Analysis</i>	9
2.5 Biaya – Biaya Persediaan	10
2.6 Pola Permintaan Suku cadang.....	11
2.7 Model <i>Order Quantity</i> untuk <i>uncertain demand</i>	12
2.7.1 <i>Discrete demand with shortage</i>	12
2.7.2 <i>Order Quantity with Shortage</i>	13
2.8 Penelitian Terdahulu.....	13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Tahap Identifikasi Sistem	15

3.2	Tahap Studi Literatur dan Studi Lapangan.....	16
3.3	Tahap Pengumpulan Data.....	16
3.4	Tahap Pengolahan Data.....	16
3.4.1	<i>Criticality</i> Suku Cadang	17
3.4.2	Karakteristik Permintaan Suku Cadang.....	19
3.4.3	Model <i>Order Quantity</i> dan <i>Reorder Level</i>	20
3.4.3.1	Order quantity with shortages	20
3.4.3.2	Discrete Demand with Shortages	22
3.5	Analisis dan Pembahasan	22
3.6	Kesimpulan dan Saran.....	23
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		25
4.1	Pengumpulan Data	25
4.1.1	Data Peralatan Utama Gas Turbin M701D	25
4.1.2	Data <i>Maintenance</i>	28
4.1.3	Data Harga <i>Spare Part</i> Dan <i>Lead Time</i>	30
4.1.4	Data Biaya Inventori.....	32
4.2	Pengolahan Data	32
4.2.1	Pengelompokan <i>Spare Part</i>	33
4.2.1.1	Karakteristik Pola Permintaan Spare Part Gas Turbin M701D.....	33
4.2.1.2	<i>Criticality</i> Spare Part.....	35
4.2.2	Perhitungan Biaya Persediaan.....	40
4.2.2.1	Holding Cost.....	40
4.2.2.2	Reorder Cost.....	42
4.2.2.3	Shortage Cost.....	43
4.3	Perhitungan <i>Order Quantity</i> dan <i>Reorder Level</i>	45
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI.....		53
5.1.	Analisis <i>Criticality Spare Part</i>	53
5.2.	Analisis <i>Re-order Quantity</i>	56
5.3.	Analisis <i>Re-order Point</i>	59
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN 1	67
LAMPIRAN 2	71
LAMPIRAN 3	87
LAMPIRAN 4	89
LAMPIRAN 5	91

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Distribusi tipe pemeliharaan leaders dan galard.....	8
Gambar 2.2 Struktur kegiatan pemeliharaan IAEA – TECDOC	9
Gambar 2.3 Pengelompokan pola permintaan menurut William	12
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian	17
Gambar 3.2 Gambar 3.2 <i>Risk matrix</i> suku cadang	21
Gambar 4.1. Peralatan utama Gas Turbin M701D	25
Gambar 5.1 Grafik jumlah spare part berdasarkan criticality	51
Gambar 5.2 Grafik hubungan criticality jumlah reorder quantity	56
Gambar 5.3 Jumlah reorder point masing – masing spare part	59
Gambar 5.4 Kerkaitan hubungan ROP dengan nilai order quantity	59

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jumlah <i>stock keeping unit</i> pembangkit PLTGU tahun 2016	2
Tabel 2.1 Distribusi tipe pemeliharaan Leaders dan Lagard	8
Tabel 2.2 Posisi penelitian terdahulu.....	14
Tabel 3.1 Penentuan <i>criticality</i> dengan analisa FMEA	19
Tabel 3.2 Kriteria <i>probability of failure</i>	19
Tabel 3.3 <i>Severity Effects</i> akibat kerusakan suku cadang.....	20
Tabel 3.4 Riwayat transaksi <i>spare part</i> servo valve.....	23
Tabel 4.1 Data transaksi spare part untuk pemeliharaan gas turbin	28
Tabel 4.2 Ringkasan harga spare part dan lead time	30
Tabel 4.3 Aset – aset perusahaan yang terkait pengelolaan spare part	32
Tabel 4.4 Total gaji karyawan bagian logistic	32
Tabel 4.5 Karakteristik pola permintaan spare part	33
Tabel 4.6 Penilaian berdasarkan kriteria risk priority number	35
Tabel 4.7 Penilaian berdasarkan kriteria nilai pemakaian spare part	35
Tabel 4.8 Penilaian berdasarkan kriteria waktu ketersediaan spare part	36
Tabel 4.9 Penilaian berdasarkan kriteria jumlah supplier	36
Tabel 4.10 Bobot masing – masing kriteria penilaian criticality spare part	36
Tabel 4.11 Penilaian criticality spare part	36
Tabel 4.12 Pengklasifikasian ABC sesuai dengan criticality spare part	38
Tabel 4.13 Rekap klasifikasi spare part Gas Turbin M701D	39
Tabel 4.14 Rincian komponen biaya depresiasi aset	41
Tabel 4.15 Komponen reorder cost	42
Tabel 4.16 Dampak ketersediaan spare part terhadap shortage cost	43
Tabel 4.17 Data spare part Filter Pall (598128)	46
Tabel 4.18 Probabilitas permintaan spare part Filter Pall (stock code 598128) ...	46
Tabel 4.19 Hasil jumlah probabilitas permintaan	47
Tabel 4.20 Data spare part Servo Valve BBG (598136)	47
Tabel 4.21 Probabilitas permintaan servo valve BBG	48
Tabel 4.22 Hasil jumlah probabilitas permintaan	48
Tabel 4.23 Data permintaan TC Discavity no. 2	49

Tabel 5.1 Rekap pengelompokan spare part berdasarkan pola permintaan dan criticality	53
Tabel 5.2 Rekap order quantity	54
Tabel 5.3 Rekap ROP untuk spare part berkatagori A, B dan C	57

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampai dengan saat ini bagi beberapa perusahaan, pengelolaan *inventory* merupakan suatu proses bisnis yang tidak terpisahkan dari aktifitas keseluruhan sebuah perusahaan. *Inventory* memegang peran yang sangat penting bagi perusahaan. Pengelolaan *inventory* yang kurang tepat baik dari penentuan jumlah (*order quantity*) maupun kapan melakukan pemesanan (*order point*) dapat menyebabkan biaya *inventory* yang tinggi karena *overstock* maupun waktu *downtime* peralatan yang lama jika terkait dengan *inventory spare part* atau kegiatan produksi terhenti jika terkait dengan *inventory* bahan baku produksi. *Service level* merupakan tingkat pemenuhan kebutuhan akan permintaan. Untuk mencapai *service level* yang tinggi pada umumnya perusahaan akan membuat persediaan menjadi lebih tinggi. Namun disisi yang lain hal ini akan menyebabkan biaya *inventory* seperti *order cost*, *holding cost* dan nilai gudang menjadi tinggi dengan tingkat *turnover* yang rendah.

Unit Pembangkit X merupakan salah satu unit pembangkit yang sudah berumur lebih dari 20 tahun lebih dengan kapasitas terpasang sebesar 1500 MW. Dengan kondisi tersebut peralatan pembangkit akan mengalami penurunan *performance* yang disebabkan kondisi peralatan yang sudah *aging*. Salah satu indikator untuk mengukur *performance* suatu unit pembangkit adalah dengan melihat berapa nilai *equivalent availability factor* (EAF). EAF merupakan faktor yang menyatakan kesiapan unit pembangkit untuk membangkitkan tenaga listrik dalam periode waktu tertentu dimana periode waktu ini biasa dinyatakan dalam periode satu tahun. Nilai EAF ini sangat tergantung pada *plant outage hours* dan *derating hours*. *Plant outage hours* adalah jumlah jam unit pembangkit tidak *standby* (tidak siap dioperasikan) dalam satu tahun. *Plant outage* ini dapat disebabkan oleh *maintenance outage* maupun *force outage*. *Derating hours* dipengaruhi factor menurunnya daya mampu unit pembangkit dari spesifikasi awal desain dari *manufacturer*. Unit pembangkit harus mampu menekan sekecil

mungkin *plant outage hours* dan *derating hours* untuk memperoleh EAF yang tinggi. Salah satu cara menekan durasi *plant outage* adalah dengan menerapkan strategi pemeliharaan yang tepat sesuai dengan kondisi *equipment* pembangkit.

Inventory *spare part* merupakan salah satu pendukung utama dapat terlaksananya kegiatan pemeliharaan yang dilakukan unit pembangkit. Ketersediaan *spare part* sangat menentukan periode *plant outage* unit pembangkit yang disebabkan oleh *maintenance outage* maupun kegiatan pemeliharaan yang dilakukan saat *force outage*. Ketersediaan *spare part* ini sangat dibutuhkan terutama saat unit pembangkit mengalami *force outage* atau gangguan secara tiba – tiba.

Ketidaktersediaan *spare part* dapat menyebabkan unit pembangkit mengalami *loss opportunity production* sebesar daya mampu unit pembangkit selama unit pembangkit mengalami *downtime*. Pengelolaan inventori *spare part* memiliki kompleksitas yang tinggi. Hal ini dikarenakan beberapa faktor diantaranya adalah jumlah *spare part* yang sangat banyak dan tipe permintaan *spare part* termasuk *slow moving* dan *intermittent* (Wang dan Syntetos, 2011). Dengan pola kebutuhan *spare part* seperti ini tentu dalam membuat *policy inventory* tidak dapat dilakukan dengan berdasarkan *expert judgment* yang saat ini digunakan di unit pembangkit. Penentuan *inventory policy* yang kurang tepat dapat menyebabkan kerugian yang besar bagi perusahaan karena nilai inventori yang dikelola cukup besar mencapai 17 miliar dengan jumlah *stock keeping unit* (SKU) pembangkit PLTGU sesuai tabel 1.1.

Tabel 1.1 Jumlah *stock keeping unit* pembangkit PLTGU tahun 2016

NO	ITEM	JUMLAH
1.	<i>Material Usage Value ABC</i>	1.577
2.	<i>Material Usage Value D Criticality A</i>	499
	Total	2.076

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang dialami perusahaan pembangkit dalam menentukan *inventory policy* dimana masih belum mempertimbangkan adanya *shortage cost* maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana

menentukan *inventory policy* yang tepat terkait penentuan nilai *reorder point* dan *reorder quantity spare part* Gas Turbin M701D berdasarkan *criticality* masing – masing *spare part* sehingga dapat mendukung kegiatan pemeliharaan pada Gas Turbin tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui *criticality* masing – masing suku cadang Gas Turbin M701D.
2. Mengetahui nilai *order quantity* dan *reorder level spare part* Gas Turbin M701D.
3. Mengetahui *inventory policy* untuk mendukung pengelolaan pemeliharaan Gas Turbin M701D.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan masukan pada perusahaan untuk menentukan *inventory policy* sehingga pemenuhan permintaan *spare part* terkait pemeliharaan unit pembangkit dapat dilakukan dengan optimal.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dimasuk dalam penelitian ini adalah ruang lingkup penelitian dan asumsi yang digunakan selama penelitian. Adapun batasan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Suku cadang yang diamati adalah suku cadang bidang kontrol instrumen.
2. Data yang digunakan adalah data gangguan maupun penggunaan suku cadang dalam kurun waktu 2010 – 2016.
3. Pengelolaan suku cadang tidak termasuk lingkup suku cadang untuk *overhaul*.

1.6 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak ada modifikasi atau perubahan pada suku cadang Gas Turbin.

2. Ketidaktersediaan suku cadang menyebabkan *loss production* Gas Turbin sebesar 70 Megawatt.
3. *Lead time* pengiriman diasumsikan tidak mengalami perubahan.
4. Biaya – biaya inventori tidak mengalami perubahan.

1.7 Sistematika Penulisan

Agar bisa menunjukkan deskripsi yang jelas dan akurat proses penelitian ini, maka perlu disusun sistematika penulisan yang membahas tiap babnya. Berikut adalah sistematika penulisan penelitian ini:

Bab 1: Pendahuluan

Bab pendahuluan ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan asumsi penelitian.

Bab 2: Tinjauan Pustaka

Bab tinjauan pustaka ini menjelaskan dasar-dasar teori sebagai referensi untuk melakukan penelitian, penelitian terdahulu dan kerangka penelitian.

Bab 3: Metode Penelitian

Bab metode penelitian ini menjelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian.

Bab 4: Pengumpulan dan Pengolahan Data

Bab Pengumpulan dan Pengolahan Data ini tentang pengumpulan, pengolahan dan perhitungan data – data penelitian.

Bab 5: Analisis dan Interpretasi

Bab analisis dan interpretasi ini menjelaskan analisis hasil perhitungan dan interpretasi yang diperoleh berdasarkan perhitungan dari bab empat.

Bab 6: Kesimpulan dan Saran

Bab kesimpulan dan saran ini menjelaskan poin-poin hasil perhitungan dari bab 5 dan rekomendasi perbaikan untuk perusahaan.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan merupakan serangkaian aktifitas yang dilakukan dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan peralatan dan mengembalikan kondisi asset seperti kondisi semula (Gulati, 2008). Dengan pemeliharaan yang baik, kapasitas kemampuan asset dapat terealisasi sesuai desain yang dikeluarkan pabrik. Sebagai contoh desain sebuah mesin produksi dapat menghasilkan 10 unit per jam, hal ini dapat tercapai jika mesin tersebut dioperasikan tanpa mengalami *downtime* karena perbaikan (Gulati, 2008).

Diantara fungsi pemeliharaan seperti yang disebutkan Asyari Darius (2007:4) adalah :

1. Untuk memperpanjang umur penggunaan asset.
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan dapat diperoleh laba yang maksimum.
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan peralatan tersebut.

2.2 Klasifikasi Pekerjaan Pemeliharaan

Menurut Ramesh Gulati, pekerjaan pemeliharaan dapat diklasifikasikan menjadi 2 kategori utama yaitu :

1. Pemeliharaan Preventif

Pemeliharaan preventif mengacu pada serangkaian kegiatan pemeliharaan asset berdasar pada jadwal yang telah ditentukan. Jadwal tersebut mengikuti waktu operasi mesin atau siklus operasi mesin. Beberapa pemeliharaan yang termasuk dalam pemeliharaan preventif adalah

- a. *Time (kalender) – based maintenance (TBM) (Age Related)*

- b. *Run-based maintenance* (RBM) (*usage related*)
- c. *Condition-based maintenance* (CBM) (*health related*)
- d. *Operator-based maintenance* (OBM) (*operations related*)

Pemeliharaan ini dilakukan untuk mendeteksi adanya penurunan performa mesin dan komponen – komponennya sehingga dapat menambah umur operasional asset. Secara umum tujuan pemeliharaan preventif adalah sebagai berikut :

1. Menjaga performa asset dan komponennya
 2. Menghindari terjadinya kerusakan
 3. Merekam kondisi kesehatan asset untuk keperluan analisis
2. Pemeliharaan Korektif

Pemeliharaan korektif merupakan pemeliharaan perbaikan yang dilakukan atas kerusakan peralatan yang ditemukan selama pemeliharaan preventif dan *condition based maintenance* (CBM). Pemeliharaan korektif dapat diklasifikasikan menjadi 3 kategori yaitu :

1. Pemeliharaan Korektif – terjadwal
Pemeliharaan korektif terjadwal merupakan aktivitas perbaikan yang dilakukan untuk memitigasi potensi kegagalan asset yang ditemukan selama pemeliharaan preventif dan CBM.
2. Pemeliharaan Korektif – Major Repair (terencana & terjadwal)
Pemeliharaan yang dilakukan dalam skala yang besar baik biaya maupun lingkup pekerjaan dengan tujuan untuk mengembalikan kapasitas asset sesuai semula contohnya seperti overhauls.
3. Pemeliharaan Korektif – Reaktif (tidak terjadwal dan tidak terencana)
Pemeliharaan ini pada dasarnya dilakukan perbaikan asset setelah asset tersebut gagal. Pemeliharaan ini biasa disebut *breakdown maintenance*.

Rata – rata program pemeliharaan yang dilakukan sebagian besar 55% merupakan pemeliharaan reaktif (*CM Unscheduled*), 30% preventif (*calendar and run time*) dan 15% CBM (Gulati, 2008). Sedangkan untuk *best practice*

pemeliharaan dapat dilihat pada gambar distribusi tipe pemeliharaan Leaders dan Lagard.

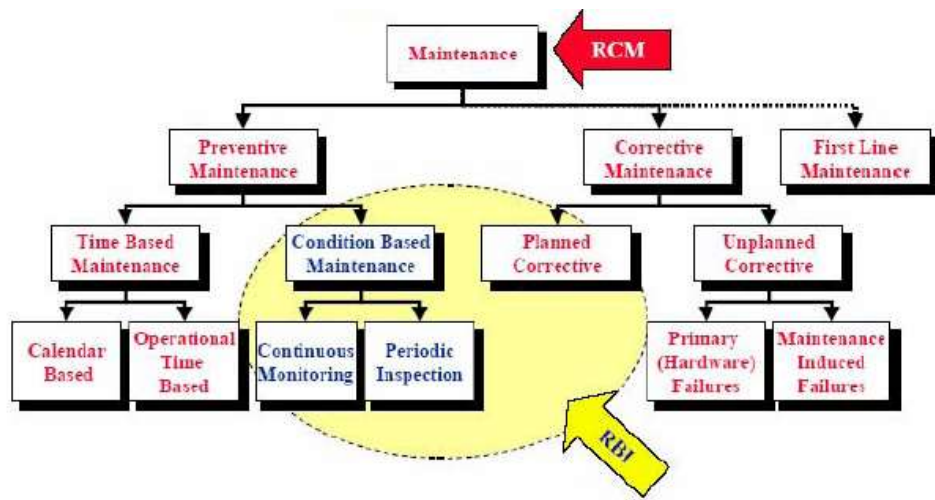
Tabel 2.1 Distribusi tipe pemeliharaan Leaders dan Lagard (Gulati, 2008)

Maintenance Work Type	Leaders Top Q	Laggards Bottom Q	In Between II and IIIQ	World Class
PM - Calendar & Run	15 - 20%	10 - 15%	20 - 25%	< 20%
PM - CBN/PdM	30 - 35%	0 - 5%	10 - 15%	> 35%
CM - Planned and Scheduled	35 - 40%	15 - 20%	30 - 35%	> 30%
CM - Unscheduled (Reactive)	10 - 15%	65 - 70%	30 - 35%	< 10%

2.3 *Reliability Centered Maintenance*

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah pendekatan systematis untuk mengevaluasi, merancang dan membangun sebuah program pemeliharaan untuk sebuah industry dan peralatannya dengan biaya yang efisien. RCM telah terbukti dan diimplementasikan di industri sebagai strategi yang efisien untuk mengoptimalkan aktivitas pemeliharaan preventif selama lebih dari 30 tahun (Despandhe, 2002). Pada awalnya RCM ini digunakan pada industri penerbangan yang digunakan untuk mencegah kegagalan yang dianggap memiliki dampak yang sangat serius. Pada tahun 1984, *Electric Power Research Institute* (EPRI) memperkenalkan RCM di dunia industri pembangkit nuklir.

Tujuan utama RCM adalah untuk mengurangi biaya pemeliharaan sekaligus meningkatkan kehandalan dan keamanan (Selvik, 2010). Menurut *International Atomic Energy Agency technical document* output dari analisis RCM adalah perubahan skope pekerjaan pemeliharaan preventif, penggunaan *conditioning monitoring*, inspeksi atau pengujian fungsi peralatan atau menambahkan atau mengurangi lingkup pekerjaan pemeliharaan sebagaimana yang terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur kegiatan pemeliharaan sesuai IAEA – TECDOC (2007)

RCM mengadopsi 2 langkah untuk menghasilkan output pemeliharaan yang digunakan yaitu :

1. Menganalisa semua potensi kegagalan yang terdapat pada sistem dengan menggunakan pendekatan kuantitatif melalui *failure mode, effect and criticality analysis* (FMECA) untuk menentukan *criticality* sebuah komponen terhadap sebuah sistem (Rausand and Hoyland, 2003)
2. Menentukan spesifik aktivitas pemeliharaan yang sesuai berdasarkan diagram logika pengambilan keputusan atau disebut sebagai *RCM Logic*.

2.4 Teori Persediaan Suku Cadang

Sistem pengelolaan persediaan material merupakan sebuah kebijakan mengenai tingkat persediaan yang harus dijaga pada level tertentu, seberapa banyak material yang harus dipesan dan kapan persediaan material harus dilakukan penambahan kembali. Tujuan dari pengontrolan level persediaan material adalah untuk menstabilkan proses produksi karena permintaan material akan naik turun tergantung dari berbagai faktor seperti waktu musiman, jadwal produksi dan seberapa sering material digunakan untuk mengganti suku cadang yang rusak. Sehingga persediaan material sangat dibutuhkan untuk mencegah proses produksi terhenti dikarenakan kekurangan material.

Pengelolaan persediaan suku cadang memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung kegiatan pemeliharaan dan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada peralatan. Persediaan suku cadang digunakan untuk mengatasi kondisi – kondisi yang tidak dapat diprediksi selama peralatan beroperasi. Jika kondisi operasi tersebut dapat diketahui maka persediaan suku cadang tidak diperlukan. Suku cadang dapat dibeli ketika dibutuhkan pada saat yang bersamaan. Akan tetapi pada kondisi riil kebutuhan suku cadang tidak dapat diketahui dengan pasti sehingga harus dilakukan persediaan suku cadang. Selain itu factor lain yang menyebabkan persediaan suku cadang diperlukan adalah adanya ketidakpastian pengiriman suku cadang dari pemasok. Hal ini sering disebut sebagai *buffer stock* atau *safety stock*.

2.4 ABC Analysis

ABC *analysis* merupakan teknik yang digunakan untuk mengklasifikasikan dan mengoptimalkan persediaan. Persediaan diklasifikasi berdasarkan nilai dari item persediaan dan rata – rata penggunaan. Klasifikasi yang digunakan menggunakan prinsip Pareto. Sehingga diketahui kontribusi masing – masing item persediaan terhadap total persediaan.

Metode ABC *analysis* membagi persediaan menjadi 3 kategori. Menurut Sutarman, 2003 pembagian kelas sesuai dasar sebagai berikut :

1. Kelas A (sangat penting), merupakan suku cadang dengan jumlah unit berkisar 15 – 20% dan merepresentasikan 75 – 80% total biaya persediaan. Item persediaan kelas ini sangat jarang digunakan (*rarely used inventory*) tetapi memiliki biaya yang sangat mahal.
2. Kelas B (penting), merupakan suku cadang dengan jumlah unit berkisar 20 – 25% dan merepresentasikan 10 – 15% total biaya persediaan. Item persediaan kelas B kurang dari 10 kali/tahun (Galuti,2008).
3. Kelas C (kurang penting), merupakan suku cadang dengan jumlah unit berkisar 60 – 65% dan merepresentasikan 5 – 10% total biaya persediaan. Pada kelas ini penggunaan item persediaan paling tidak sekali dalam sebulan dan permintaan dapat diprediksi dengan akurasi yang lebih baik (Galuti, 2008).

2.5 Biaya – Biaya Persediaan

Pembuatan setiap keputusan yang akan mempengaruhi besarnya (jumlah) persediaan, biaya-biaya variabel berikut dibawah ini harus dipertimbangkan. Adapun biaya variabel tersebut yang dimaksud adalah antara lain sebagai berikut :

1. Biaya penyimpanan (*holding costs / carrying costs*)

Biaya penyimpanan adalah biaya yang terdiri atas biaya-biaya yang bervariasi secara langsung dengan kuantitas persediaan. Adapun yang termasuk biaya penyimpanan adalah antara lain sebagai berikut :

- a. Biaya fasilitas

Didalam biaya ini sudah termasuk biaya penerangan, biaya pendingin ruangan dan lain sebagainya.

- b. Biaya asuransi persediaan.

- c. Biaya pajak persediaan.

- d. Biaya pencurian, pengrusakan (perampokan) dan lain sebagainya.

2. Biaya pemesanan atau pembelian (*ordering costs / procurement costs*)

Yang termasuk didalam biaya ini adalah antara lain meliputi sebagai berikut :

- a. Pemrosesan pesanan dan ekspedisi.

- b. Biaya telepon.

- c. Pengeluaran surat menyurat.

- d. Biaya pengepakan dan penimbangan.

- e. Biaya pengiriman ke-gudang dan lain sebagainya.

3. Biaya penyiapan pabrik (*setup costs manufacturing*)

Dalam hal ini terjadi jika bahan-bahan tidak dibeli, namun diproduksi sendiri dalam pabrik perusahaan. Perusahaan menghadapi biaya penyiapan (*setup costs*) guna memproduksi komponen tertentu. Adapun biaya-biaya yang termasuk dalam hal ini adalah antara lain sebagai berikut :

- a. Biaya mesin-mesin menganggur.

- b. Biaya penyiapan tenaga kerja langsung.

- c. Biaya penjadwalan.

- d. Biaya ekspedisi dan lain sebagainya.

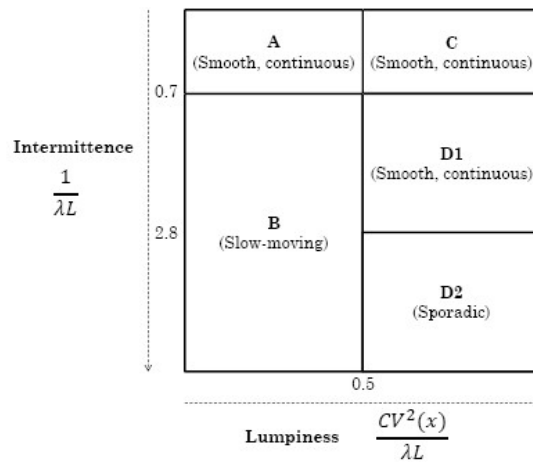
4. Biaya kehabisan / kekurangan bahan (*shortage costs*)

Biaya kehabisan atau kekurangan bahan adalah biaya yang timbul jika persediaan tidak mencukupi adanya permintaan bahan. Adapun biaya-biaya yang termasuk didalam hal ini adalah antara lain sebagai berikut:

- Kehilangan penjualan.
- Kehilangan pelanggan.
- Biaya pemesanan khusus.
- Biaya ekspedisi.
- Selisih harga.
- Terganggunya operasi.
- Tambahan pengeluaran kegiatan manajerial dan lain sebagainya.

2.6 Pola Permintaan Suku cadang

Pengelompokan permintaan suku cadang sangat menentukan dalam membuat keputusan untuk memperkirakan dan mengatur persediaan. Bacchetti et al. (2010) menyatakan bahwa interval rata – rata permintaan dan variabilitas ukuran permintaan sangat penting diperhatikan. Williams (1984) membagi pola permintaan suku cadang menjadi *slow moving*, *smooth*, dan *sporadic*. Matrik pembagian pola permintaan ini dapat dilihat pada gambar 2.3 dimana L merupakan *lead time duration*, λ adalah *demand interval rate* dan CV adalah koefisien variasi ukuran permintaan.



Gambar 2.3. Pengelompokan pola permintaan menurut William (1984)

Berdasarkan kriteria William digunakan *Average Demand Interval* (ADI) dan *Coefficient of Variation* (CV) untuk mengklasifikasikan suku cadang menjadi 4 kondisi sebagai berikut yaitu :

1. $ADI \leq x, CV^2 \leq y$. kategori *fast moving* dan *smooth demand*.
2. $ADI > x, CV^2 \leq y$. kategori *slow moving* atau *intermittent demand* dengan variabilitas yang kecil.
3. $ADI > x, CV^2 > y$. kategori *lumpy demand* dengan tipikal permintaan *intermittent* dan *erratic*.
4. $ADI \leq x, CV^2 > y$. kategori *fast moving* dan *erratic demand*.

Nilai *cutoff* yang digunakan untuk kategori ADI adalah 1.32 sedangkan untuk CV^2 adalah 0.49. Rumus yang digunakan untuk menghitung ADI dan CV (Cavalieri et al, 2008) adalah

$$ADI = \frac{n0}{P} \quad (2.1)$$

$$CV = \frac{\sqrt{\sum_i (d_i - \bar{d})^2 / P}}{\bar{d}} \quad (2.2)$$

2.7 Model Order Quantity untuk uncertain demand

Pengelolaan persediaan suku cadang sangat berbeda dengan pengelolaan persediaan bahan baku untuk proses produksi dimana kebutuhan penggantian suku cadang dapat dilakukan secara tiba – tiba dan tidak dapat diketahui jumlah suku cadang yang dibutuhkan untuk kegiatan pemeliharaan. Berikut beberapa model pengelolaan persediaan dengan tipikal *uncertain demand* menurut Waters (2000).

2.7.1 Discrete demand with shortage

Tipikal model ini dapat digunakan dengan kondisi distribusi probabilitas permintaan diketahui dan permintaan relative kecil dan level stok rendah. Pada model ini dapat didefinisikan hubungan antara jumlah persediaan, permintaan dengan biaya penyimpanan maupun biaya kekurangan persediaan sebagai berikut :

- Jika sejumlah persediaan, A, lebih besar dari permintaan, D, maka biaya penyimpanan unit A sebesar $(A - D) \times \text{Holding Cost (HC)}$ per unit.

- Jika permintaan, D , lebih besar dari persediaan A maka akan timbul biaya akibat permintaan tidak terpenuhi sebesar $(D - A) \times \text{shortage cost per unit}$.

Untuk menentukan optimal level persediaan, A_o , digunakan pendekatan :

$$\text{Prob}(D \leq A_o) \geq \frac{SC}{HC+SC} \geq \text{Prob}(D \leq A_o - 1) \quad 2.3$$

2.7.2 Order Quantity with Shortage

Pada umumnya pembahasan *economic order quantity* tidak mempertimbangkan adanya factor *shortage*. Jika permintaan *spare part* berkelanjutan maka model yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times D}{HC} \times [RC + SC \times \sum_{D=ROL}^{\infty} (D - ROL) \times \text{Prob}(D)]} \quad 2.5$$

$$\frac{HC \times Q}{SC \times D} = \sum_{D=ROL}^{\infty} \text{Prob}(D) \quad 2.6$$

Dengan ;

Q = *economic order quantity*

D = *demand*

HC = *holding cost*

RC = *reorder cost*

ROL = *re-order level*

2.8 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tidak ada *critical review* dalam pengelolaan persediaan suku cadang. Berikut daftar penelitian yang pernah dilakukan:

Tabel 2.2 Daftar Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Nama Penulis	Judul	Metode
1	2010	Wirawan Aditya	Periodic review Approach: (R,s,S) system for <i>spare part</i> inventory control IA – Engine Maintenance Unit)	EOQ, Pengklasifikasian <i>spare part</i> , Metode (R,s,S)

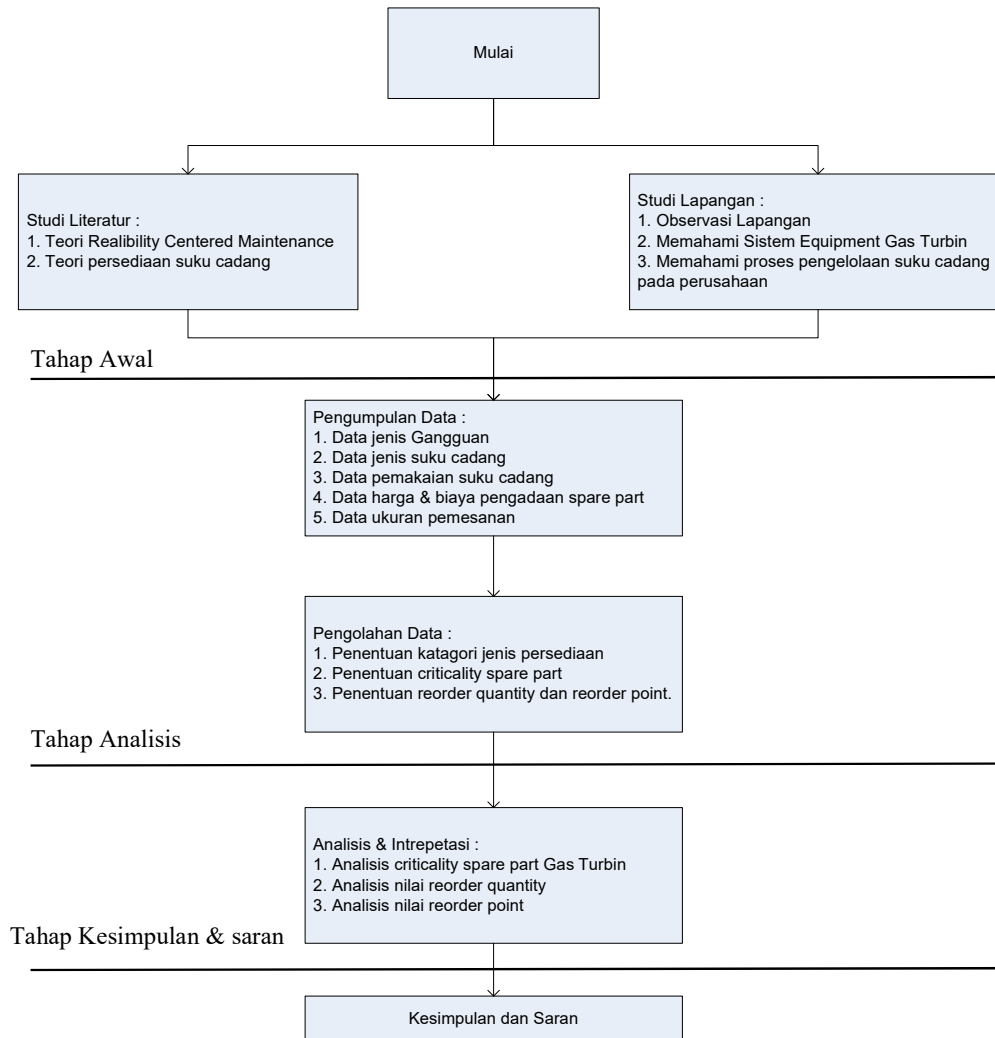
Tabel 2.2 Daftar penelitian terdahulu (lanjutan)

No	Tahun	Nama Penulis	Judul	Metode
2	2010	A.A Putri Dhamayanti	Pengendalian Persediaan <i>Spare part</i> Base Transceiver Station dengan pendekatan Base Stock (R, s, S) (PT. Mobile- 8 Telecom, Tbk Region V- Surabaya	Pengklasifikasian, Metode (R,s,S)
3	2011	Irfan Ardiana Putra	Pengendalian Persediaan <i>Spare part</i> dengan Menggunakan Can Ordering Policy (PT. PJB Unit pembangkitan Gresik)	Pengklasifikasian, Metode Can Ordering Policy
4	2017	Achmad Setyo	Penentuan kebijakan pengendalian <i>spare part</i> pada mesin Pulverizer (Studi kasus PLTU IPMOMI Paiton	Metode (R,s,S)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan sesuai dengan diagram alir pada gambar 3.1 dengan harapan agar hasil penelitian sesuai dengan perumusan masalah dan tujuan yang telah ditetapkan diawal.



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

3.1 Tahap Identifikasi Sistem

Langkah yang akan dilakukan dalam tahap ini adalah mengidentifikasi sistem pada perusahaan baik sistem yang terkait *criticality* suku cadang dan

pengelolaan suku cadang peralatan utama Gas Turbin. Proses identifikasi akan dilakukan secara langsung melalui pengamatan maupun wawancara dengan pihak internal perusahaan. Permasalahan yang akan diteliti adalah bagaimana menentukan *reorder quantity* dan *reorder level* yang optimum yang mendukung kegiatan pemeliharaan tersebut sehingga dapat meningkatkan EAF unit pembangkit dan mengoptimalkan nilai inventori pada perusahaan pembangkit tersebut.

3.2 Tahap Studi Literatur dan Studi Lapangan

Pada tahap ini akan dilakukan studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur digunakan sebagai pedoman dalam menyelesaikan permasalahan dan mencapai tujuan penelitian. Studi literatur akan dilakukan dengan mencari literatur yang terkait penelitian baik melalui buku, jurnal maupun thesis yang telah dikerjakan sebelumnya mengenai pengelolaan persediaan suku cadang. Sedangkan studi lapangan dilakukan dengan pengamatan langsung di perusahaan. Pengamatan yang dilakukan meliputi kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dan penentuan kebijakan persediaan suku cadang untuk mendukung pemeliharaan tersebut.

3.3 Tahap Pengumpulan Data

Setelah permasalahan teridentifikasi, langkah selanjutnya dilakukan pengumpulan data – data yang diperlukan selama penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara dengan internal perusahaan maupun data historis yang ada pada perusahaan. Adapun data – data yang diperlukan meliputi :

1. Data peralatan utama Gas Turbin M701D yang meliputi data suku cadang, gangguan dan pemeliharaan yang telah dilakukan.
2. Data pemakaian suku cadang
3. Data harga dan biaya pemesanan suku cadang
4. Data pengelolaan persediaan suku cadang

3.4 Tahap Pengolahan Data

Setelah data – data yang diperlukan terkumpul selanjutnya dilakukan pengolahan data agar dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan

penelitian yaitu menentukan *criticality* suku cadang dan pengelolaan persediaan dengan mempertimbangkan strategi pemeliharaan yang dilakukan perusahaan.

3.4.1 Criticality Suku Cadang

Langkah pada tahap ini dilakukan untuk mengelompokkan suku cadang sesuai dengan tingkat kekritisannya. *Tool* yang digunakan menggunakan *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) dengan format sesuai 3.1 dan dikombinasikan dengan format standar *automotive industry action group* (AIAG) dengan menambahkan parameter *probability (frequency) of failure* dan *severity effects*. Penentuan nilai parameter *probability of failure* dan *severity effects* ini berdasarkan standar perusahaan seperti yang tertera dalam tabel 3.2 dan tabel 3.3.

Tabel 3.1 Penentuan *criticality* dengan analisis FMEA

No	Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	Probability Failure	Severe Effect	RPN	Maintenance
1	IGV	Kerusakan pada positioner IGV	GT mengalami deratting	Nozzle kotor, <i>life time</i>	Perbaikan, kalibrasi, penggantian	D	3	D3	Cr, OH
		Kerusakan pada limit Switch	Sinyal full open close IGV tidak termonitor	pergeseran limit switch, <i>life time</i>	<i>Adjustment</i>	A	1	A1	Cr, OH
		Kerusakan pada I/P transducer	GT mengalami deratting	<i>Life time</i>	Kalibrasi, penggantian	A	3	A3	OH
		Kerusakan pada pneumatic actuator	GT mengalami deratting	kebocoran pada membran aktuator,	Perbaikan, kalibrasi, penggantian	A	3	A3	OH

Tabel 3.2 Kriteria *probability of failure*

Parameter Risiko		Rating	Probabilitas	Deskripsi Kualitatif	Insiden Sebelumnya
Tingkat Kemungkinan					
E	Sangat Besar	0,90	>90%	Hampir dapat dipastikan akan terjadi	Terjadi > 12 kali dalam rentang waktu 1 tahun
D	Besar	0,70	70% - 90%	Kemungkinan besar akan terjadi	Terjadi 2 sampai dan 12 kali dalam rentang waktu 1 tahun
C	Sedang	0,50	>30% - <70%	Kemungkinan sama antara akan terjadi dan tdk terjadi	Terjadi 1 kali dalam rentang waktu 1 tahun terakhir
B	Kecil	0,30	10% - 30%	Kemungkinan kecil akan terjadi	Tdk pernah terjadi dalam rentang waktu antara 2 dan 4 tahun
A	Sangat Kecil	0,10	<10%	Hampir dapat dipastikan tdk akan terjadi.	Tdk pernah terjadi dalam rentang waktu 5 tahun

Tabel 3.3 *Severity Effects* akibat kerusakan suku cadang

No	Kategori/Parameter Risiko	Tdk Signifikan	Minor	Medium	Signifikan	Malapetaka
	Rating	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80
1	Supply Tenaga Listrik	Down time sampai dengan 3 jam,	Down time 3 jam sampai dengan 12 jam.	12 jam sampai dengan 1 hari.	Down time 1 hari sampai dengan 1 minggu.	Down time > 1 minggu.
2	Kerugian atau Opportunity Loss	< Rp 500 juta	Rp 500 juta s.d Rp 50 milyar.	Rp 50 milyar s.d Rp 500 milyar.	Rp 500 milyar s.d Rp 5 trilyun.	> Rp 5 trilyun

Penentuan *criticality* dari sebuah suku cadang didasarkan pada perhitungan *risk priority number* (RPN) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$RPN = \text{probability of failure} \times \text{severe effect}$$

Misalkan sebuah suku cadang mengalami kerusakan sebanyak 1 kali dalam setahun dan mengakibatkan unit pembangkit harus *downtime* selama 4 hari maka suku cadang tersebut memiliki *criticality* yang tinggi dengan nilai RPN sebesar :

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= 4 \times 3 \\ &= 12 \end{aligned}$$

Hal ini juga dapat dilihat berdasarkan *risk matrix* yang digunakan untuk menentukan *criticality* sesuai gambar 3.2 dimana tingkat *criticality* suku cadang tersebut adalah C3 yaitu termasuk katagori tinggi.

Tingkat Kemungkinan	Sangat Besar	E	Moderat	Moderat	Tinggi	Ekstrem	Ekstrem
	Besar	D	Rendah	Moderat	Tinggi	Ekstrem	Ekstrem
	Sedang	C	Rendah	Moderat	Tinggi	Tinggi	Ekstrem
	Kecil	B	Rendah	Rendah	Moderat	Tinggi	Ekstrem
	Sangat Kecil	A	Rendah	Rendah	Moderat	Tinggi	Ekstrem
			1	2	3	4	5
			Tidak Signifikan	Minor	Medium	Signifikan	Malapetaka
			Tingkat Dampak				

Gambar 3.2 *Risk matrix* suku cadang

3.4.2 Karakteristik Permintaan Suku Cadang

Data historical permintaan suku cadang sangat penting diketahui untuk mengklasifikasikan karakteristik permintaan. Untuk menentukan karakteristik permintaan digunakan 2 parameter yaitu :

5. *Average Demand Interval* (ADI). Koefisien ADI menunjukkan keteraturan waktu permintaan dengan menghitung rata – rata interval antara 2 permintaan.
6. *Square of the Coefficient of Variation* (CV²). Koefisien CV² menukur variasi jumlah permintaan.

Berdasarkan 2 koefisien tersebut permintaan suku cadang dapat dikategorikan menjadi 4 karakteristik permintaan yaitu :

- a. *Smooth Demand*. Karakter permintaan suku cadang sangat teratur baik dari waktu maupun jumlah dengan koefisien $ADI < 1.32$ dan $CV^2 < 0.49$.
- b. *Intermittent Demand*. Karakter permintaan dengan jumlah yang sedikit bervariasi namun interval diantara 2 permintaan sangat tinggi dengan nilai $ADI \geq 1.32$ dan $CV^2 < 0.49$.
- c. *Erratic Demand*. Waktu permintaan terjadi secara teratur namun dengan jumlah yang sangat bervariasi. Nilai $ADI < 1.32$ dan $CV^2 \geq 0.49$.
- d. *Lumpy Demand*. Karakter permintaan sangat bervariasi baik jumlah maupun waktu antar permintaan. Nilai $ADI \geq 1.32$ dan $CV^2 \geq 0.49$.

Setelah diperoleh pengelompokan suku cadang berdasarkan katagori tersebut kemudian akan ditentukan *reorder quantity* dan *reorder level* untuk 5 – 10 buah suku cadang untuk setiap katagori.

3.4.3 Model Order Quantity dan Reorder Level

Beberapa model yang digunakan untuk menentukan order quantity suku cadang adalah sebagai berikut :

3.4.3.1 Order quantity with shortages

Model ini digunakan untuk menentukan persediaan suku cadang dengan tipe permintaan *continuous* namun jika suku cadang ini tidak tersedia saat dilakukan pemeliharaan akan mengakibatkan kerugian pada perusahaan. Hal ini disebabkan perusahaan akan mengalami *opportunity loss* sebesar *megawatt loss* dikalikan dengan tarif tenaga listrik per Kwh yaitu Rp. 1120/Kwh. Besar kerugian ini disebut sebagai *Shortage Cost* (SC). Model *order quantity* yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times D}{HC} \times [RC + SC \times \sum_{D=ROL}^{\infty} (D - ROL) \times Prob(D)]} \quad (3.2)$$

$$\frac{HC \times Q}{SC \times D} = \sum_{D=ROL}^{\infty} Prob(D) \quad (3.3)$$

dengan:

Q = *order quantity*

D = *demand*

HC = *holding cost*

RC = *reorder cost*

ROL = *reorder level*

Untuk menyelesaikan persamaan tersebut dilakukan pendekatan sebagai berikut :

1. Menghitung *economic order quantity* sebagai *initial estimate* dari *order quantity* Q .
2. Menggunakan nilai Q untuk menghitung ROL dengan menggunakan persamaan 3.4
3. Menggunakan nilai ROL dengan menggunakan persamaan 3.3 sehingga didapatkan nilai Q yang baru.
4. Mengulangi langkah 2 dan 3 sampai didapatkan nilai Q yang optimal.

Besarnya nilai *demand* ditentukan berdasarkan data transaksi setiap *spare part* yang terdapat pada SIT Ellipse perusahaan pembangkit seperti pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Riwayat transaksi *spare part* servo valve

<i>Date</i>	<i>Trans Type Description</i>	<i>Document District</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2017-10-09	<i>Stored Issue of Owned Stock</i>	SGRK	D04946/0001	1
2017-10-09	<i>Stored Issue of Owned Stock</i>	SGRK	B05051/0001	1
2017-10-03	<i>Stored Issue of Owned Stock</i>	SGRK	E05077/0001	1
2017-09-19	<i>Stored Issue of Owned Stock</i>	SGRK	E05068/0001	1
2017-04-25	<i>Stored Issue of Owned Stock</i>	SGRK	J04982/0001	1
2017-04-06	<i>Stored Issue of Owned Stock</i>	SGRK	K04840/0001	1
2017-03-10	<i>Stored Issue of Owned Stock</i>	SGRK	D04832/0001	1
2017-01-26	<i>Stored Issue of Owned Stock</i>	SGRK	K04784/0001	1
2016-12-14	<i>Stored Issue of Owned Stock</i>	SGRK	H04858/0001	1
2016-11-08	<i>Stored Issue of Owned Stock</i>	SGRK	A04736/0001	1
2016-09-29	<i>Stored Issue of Owned Stock</i>	SGRK	H04801/0001	1
2016-09-20	<i>Stored Issue of Owned Stock</i>	SGRK	F04972/0001	1

Sedangkan untuk biaya – biaya pada persamaan tersebut dihitung dengan cara sebagai berikut :

1. HC diperoleh dari besarnya biaya yang dikeluarkan untuk penyimpanan *spare part* digudang meliputi :

- a. Biaya pegawai bagian gudang baik pegawai organik maupun *outsourcing*.
 - b. Biaya pemakaian listrik dan air.
 - c. Biaya pemakaian forklift.
 - d. Biaya perawatan gudang.
2. Biaya *Reorder cost* diperoleh dari biaya – biaya yang timbul akibat pemesanan *spare part* yang meliputi :
- a. Biaya pegawai bidang inventori dan pengadaan baik pegawai organik maupun *outsourcing*.
 - b. Biaya administrasi pengadaan.
 - c. Biaya pembelian *spare part*.

3.4.3.2 Discrete Demand with Shortages

Jika permintaan suku cadang bersifat *intermittent dan lumpy* namun tetap berdampak terhadap *opportunity loss* bagi perusahaan. Beberapa parameter terkait *discrete demand with shortage* adalah sebagai berikut :

- Permintaan diketahui distribusi probabilitasnya
- Permintaan dan stok relative kecil
- Tujuan pengelolaan persediaan untuk mengoptimalkan jumlah persediaan.

$$Prob(D \leq A_o) \geq \frac{SC}{HC + SC} \geq Prob(D \leq A_o - 1) \quad (3.4)$$

Dengan A_o merupakan *optimal stock level*.

$$\begin{aligned} \text{Service level} &= 1 - Prob(\text{shortage}) \\ &= 1 - Prob(\text{there is demand}) \times Prob(\text{demand} > A) \end{aligned} \quad (3.5)$$

3.5 Analisis dan Pembahasan

Dari hasil pengolahan data akan menghasilkan analisa mengenai karakteristik permintaan suku cadang yang berdampak langsung pada kehandalan unit pembangkit dan strategi pengelolaan persediaan suku cadang yang tepat. Dari hasil tersebut akan disampaikan saran kebijakan pengelolaan suku cadang yang mendukung pemeliharaan tersebut kepada manajemen perusahaan untuk meningkatkan *availability* dan *reliability* unit pembangkit.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan secara umum dari hasil yang telah diperoleh pada pembahasan dan disertai saran – saran untuk pengembangan selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

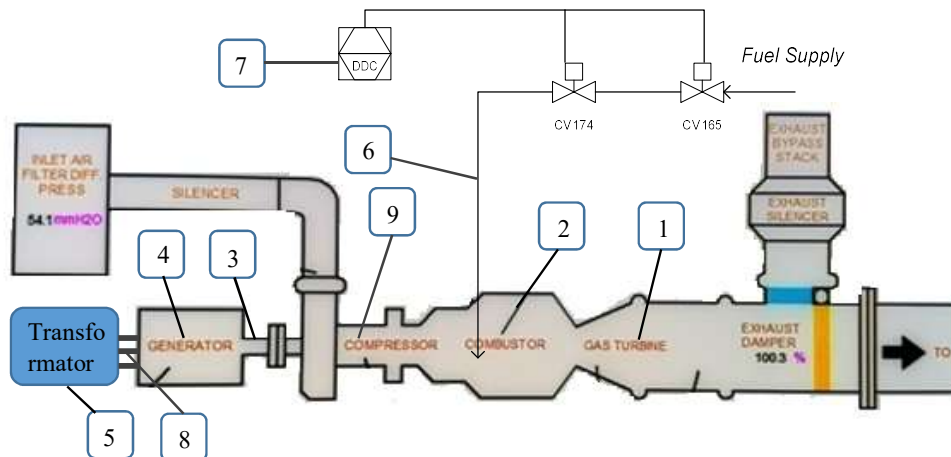
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pada sub bab 4.1 berisikan data – data yang diperlukan dalam penelitian. Data – data tersebut adalah data peralatan utama pada Gas Turbin M701D, data *spare part* yang digunakan untuk pemeliharaan korektif maupun *condition based maintenance*, harga *spare part*, *lead time spare part* dan biaya – biaya yang terkait dengan persediaan dan pengadaan.

4.1.1 Data Peralatan Utama Gas Turbin M701D

Secara umum pembangkitan tenaga listrik terjadi akibat putaran *rotor* generator didalam *stator* sehingga menimbulkan gaya gerak listrik Putaran *rotor* generator mengikuti putaran *shaft* turbin. Gas turbin menggunakan energi panas hasil pembakaran di area *combuster* untuk memutar shaft. Secara umum peralatan utama gas turbin terdiri dari GT turbin, *rotor cooling air*, *compressor*, *exciter set*, *generator*, *starting device*, *transformator*, *digital controller*, *piping fuel supply*, *main lube oil* dan *turbine bearing* seperti pada gambar 4.1.



(sumber: Data Perusahaan,2018)

Gambar 4.1. Peralatan utama Gas Turbin M701D

Berikut ini adalah peralatan utama pada Gas Turbin M701D dengan *stock code* (SC) yang terdaftar pada unit pembangkit :

1. GT - Turbin

GT Turbin berfungsi untuk menerima energi panas hasil pembakaran di *combuster* menjadi energy kinetis berupa putaran shaft turbin yang terhubung dengan kompresor dan generator. Penurunan *performance* GT – Turbin menyebabkan efisiensi GT menurun. Komponen *spare part* yang mendukung fungsi sistem ini adalah sebagai berikut :

- a. Thermocouple *Blade path* (S/C. 328732)
- b. Thermocouple *Blade Path* no. 9 (S/C. 781211)
- c. Thermocouple *Blade Path* no. 13 dan 7 (S/C. 560441)
- d. Thermocouple *Discavity Temperature* no.2 (S/C. 787002)
- e. Thermocouple *Discavity Temperature* no.3 (S/C. 786996)
- f. Thermocouple *Discavity Temperature* no.4 (S/C. 770123)
- g. *Chassis flame scanner* (S/C. 20370)
- h. *Trafo flame scanner* (S/C. 424853)

2. Rotor Cooling Air

Rotor cooling air (RCA) berfungsi sebagai pendingin rotor pada gas turbin. Kegagalan fungsi pada sistem ini dapat mengakibatkan *overheating* pada *rotor*. Komponen *spare part* yang mendukung sistem ini adalah sebagai berikut :

- a. Temperatur *Indicator* (S/C. 457986)
- b. Thermocouple RCA (S/C. 534016)
- c. *Combustor* SWG RCA *Flanges* ke 1 (S/C. 601161)
- d. *Combustor* SWG RCA *Flanges* ke 2 (S/C. 275370)
- e. *Combustor* SWG RCA *Flanges* ke 3 (S/C. 601195)

3. Exciter Set

Exciter Set berfungsi untuk membangkitkan arus listrik DC dan disalurkan ke rotor generator. Komponen *spare part* pada sistem ini adalah sebagai berikut :

- a. Holder Brush Grounding (S/C. 154310)
- b. Brush Grounding (S/C. 570747)
- c. Brush Excitasi (S/C. 13607)

4. *Generator*

Generator pada pembangkit listrik merupakan peralatan utama untuk membangkitkan tenaga listrik. Komponen *spare part* pada sistem ini adalah sebagai berikut :

- a. Spark Plug (S/C. 477562) 0 2
- b. Kabel Igniter (S/C. 803874) 0 2

5. *Transformator*

Transformator berfungsi untuk menaikkan tegangan output generator sesuai dengan tegangan jaringan listrik PLN. Komponen *spare part* sistem ini adalah sebagai berikut :

- a. SF6 (S/C. 133017) 0 1
- b. Silica (S/C. 557207) 100 200
- c. Foto cell (S/C. 589648)
- d. Sensor Ews Trafo (S/C. 649665)
- e. Insulating Oil (S/C. 614644)

6. *Piping Fuel Gas Supply*

Piping fuel gas supply berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar gas menuju area *combuster*. Komponen *spare part* pada sistem ini adalah sebagai berikut :

- a. Servo Valve BBG (S/C. 598136)
- b. Servo Valve BBM (S/C. 598144)
- c. Filter Pall (S/C. 598128)
- d. Solenoid Valve (S/C. 786954)
- e. Micro Switch (S/C. 20156) 6 11
- f. Pressure Indicator (S/C. 12997)

7. *Digital Controller*

Digital controller merupakan pusat pengendali proses pembangkitan listrik. Penggantian *spare part* sistem ini mengikuti jadwal inspeksi tahunan menyesuaikan dengan *life time* masing – masing *spare part*.

8. *Starting Motor dan auxiliary*

Sistem motor dan *auxiliary* berfungsi saat start up gas turbin sampai mencapai kecepatan turbin sebesar 3000 rpm. Komponen *spare part* sistem ini adalah sebagai berikut :

- a. Solenoid Valve Torque Converter (S/C. 262550)
- b. Pressure Indicator (S/C. 145045) 0 1
- c. Cam Clutch (S/C. 666735) 0 1

9. Compressor

Sistem kompresor berfungsi untuk mesuplai udara pembakaran gas turbin dan udara yang digunakan untuk aktuatur pneumatic. Sistem ini terdiri dari komponen *spare part* sebagai berikut :

- a. Intake air filter (S/C. 572198) 0 1056
- b. Positioner IGV (S/C. 701409)
- c. Air Regulator IAD (S/C. 836213)
- d. Pilot valve (S/C. 701433)
- e. Auto drain valve pnemutik (S/C. 277772)
- f. SV Exhaust (S/C. 709675)
- g. SV Bleed Valve (S/C. 262410)
- h. Limit Switch Bleed Valve (S/C. 604744) 0 1
- i. Air Regulator (S/C. 559070)

4.1.2 Data Maintenance

Berikut ini adalah data *spare part* yang digunakan untuk pemeliharaan korektif maupun *condition based maintenance* Gas Turbin M701D terhitung mulai Januari 2014 s.d Desember 2016.

Tabel 4.1 Data transaksi *spare part* untuk pemeliharaan gas turbin

Spare Part (Stock Code)	Bulan														Total
	Condition Based / Corrective Maintenance														
	1	2	3	4	5	6	...	31	32	33	34	35	36		
Thermocouple Blade path (328732)	0	0	0	0	0	0	...	1	0	0	0	0	2	8	
Thermocouple Blade Path no. 9 (781211)	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	1	6	
Thermocouple Blade Path no. 13 dan 7 (560441)	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	2	11	
Thermocouple Discavity Temperature no.2 (787002)	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	3	10	

Tabel 4.1 Data transaksi *spare part* untuk pemeliharaan gas turbin (lanjutan)

Spare Part (Stock Code)	Bulan													Total
	Condition Based / Corrective Maintenance													
	1	2	3	4	5	6	...	31	32	33	34	35	36	
Thermocouple Discavity Temperature no.3 (786996)	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	2	8
Thermocouple Discavity Temperature no.4 (770123)	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	3	12
Chassis flame scanner (20370)	0	1	0	0	1	0	...	0	0	0	0	0	0	7
Trafo flame scanner (424853)	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0	0	0	1	6
Thermocouple RCA (534016)	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	4	8
Combustor SWG RCA Flanges ke 1 (601161)	0	0	0	4	0	0	...	0	1	0	0	0	0	10
Combustor SWG RCA Flanges ke 2 (275370)	0	0	0	0	0	0	...	0	0	2	0	0	0	9
Combustor SWG RCA Flanges ke 3 (601195)	0	0	0	3	0	0	...	0	0	0	0	0	0	10
Holder Brush grounding (154310)	0	0	0	0	2	0	...	0	0	4	2	0	0	34
Brush Grounding (570747)	0	0	40	0	0	40	...	8	32	4	0	25	0	329
Brush Excitasi (13607)	0	0	0	0	16	59	...	54	74	0	0	0	6	701
Spark Plug (477562)	0	2	0	0	0	0	...	0	0	2	0	0	0	14
SF6 (133017)	1	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	4
Silica (557207)	50	0	50	0	50	25	...	50	0	50	75	0	50	1075
Foto Cell (589648)	0	1	4	0	4	0	...	0	0	0	0	0	0	25
Servo Valve BBG (598136)	0	0	0	0	0	0	...	0	2	3	0	1	1	22

Tabel 4.1 Data transaksi *spare part* untuk pemeliharaan gas turbin (lanjutan)

Spare Part (Stock Code)	Bulan													Total
	Condition Based / Corrective Maintenance													
	1	2	3	4	5	6	...	31	32	33	34	35	36	
Servo Valve BBM (598144)	0	0	1	0	0	0	...	0	0	0	1	0	1	8
Filter Pall (598128)	0	0	4	0	5	2	...	0	0	0	0	3	5	76
Solenoid Valve Torque Converter (262550)	0	1	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	1	9
Cam Clutch (666735)	0	0	0	0	0	0	...	1	0	0	0	0	0	3
Positioner IGV (701409)	0	0	0	0	0	1	...	0	0	0	0	0	1	9
Pilot valve (701433)	1	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	4
SV Exhaust (709675)	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	4
SV Bleed Valve (262410)	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	1	0	2	13

(Sumber: SIT Unit Pembangkit, 2018)

Berdasarkan tabel 4.1 terlihat bahwa permintaan *spare part* sebagian besar tidak terjadi setiap bulan dengan jumlah yang bervariasi.

4.1.3 Data Harga Spare Part Dan Lead Time

Tabel 4.2 berikut ini adalah ringkasan harga *spare part* dan *lead time*. Harga yang didapat merupakan harga unit rata – rata karena harga unit *spare part* mengalami kenaikan setiap tahun.

Tabel 4.2 Ringkasan harga *spare part* dan *lead time*

Spare Part	Harga Unit	Lead Time (bulan)
Thermocouple Blade path (328732)	Rp 36,628,490	2
Thermocouple Blade Path no. 9 (781211)	Rp 32,000,000	2
Thermocouple Blade Path no. 13 dan 7 (560441)	Rp 33,672,086	2

Tabel 4.2 Ringkasan harga *spare part* dan *lead time* (lanjutan)

<i>Spare Part</i>	Harga Unit	<i>Lead Time</i> (bulan)
Thermocouple <i>Discavity</i> <i>Temperature</i> no.2 (787002)	Rp 40,250,000	2
Thermocouple <i>Discavity</i> <i>Temperature</i> no.3 (786996)	Rp 28,606,743	2
Thermocouple <i>Discavity</i> <i>Temperature</i> no.4 (770123)	Rp 44,500,000	2
<i>Chassis flame scanner</i> (20370)	Rp 48,939,000	2
Trafo <i>flame scanner</i> (424853)	Rp 22,050,000	2
Thermocouple RCA (534016)	Rp 27,525,754	3
<i>Combustor</i> SWG RCA <i>Flanges</i> ke 1 (601161)	Rp 656,250	1
<i>Combustor</i> SWG RCA <i>Flanges</i> ke 2 (275370)	Rp 800,000	1
<i>Combustor</i> SWG RCA <i>Flanges</i> ke 3 (601195)	Rp 875,000	1
Holder Brush grounding (154310)	Rp 3,285,000	1
Brush Grounding (570747)	Rp 3,302,250	1
Brush Excitasi (13607)	Rp 106,362,500	
Spark Plug (477562)	Rp 16,841,667	2
SF6 (133017)	Rp 39,524	1
Silica (557207)	Rp 152,855	1
Foto Cell (589648)	Rp 163,960,000	1
Servo Valve BBG (598136)	Rp 160,960,000	1
Servo Valve BBM (598144)	Rp 5,267,500	3
Filter Pall (598128)	Rp 12,214,398	1
Solenoid Valve Torque Converter (262550)	Rp 17,500,000	2
Cam Clutch (666735)	Rp 24,956,250	2
Positioner IGV (701409)	Rp 8,500,000	3
Pilot valve (701433)	Rp 3,831,000	2
SV Exhaust (709675)	Rp 21,700,000	2

Tabel 4.2 Ringkasan harga *spare part* dan *lead time* (lanjutan)

<i>Spare Part</i>	Harga Unit	<i>Lead Time</i> (bulan)
SV Bleed Valve (262410)	Rp 36,628,490	3

(Sumber: SIT Unit Pembangkit,2018)

4.1.4 Data Biaya Inventori

Biaya inventori pada perusahaan unit pembangkit berdasarkan pada perhitungan biaya pekerja dan biaya depresiasi aset yang dimiliki perusahaan seperti gudang, kendaraan operasional dan peralatan lainnya yang mendukung pengelolaan *spare part* baik pemesanan maupun penyimpanan.

Tabel 4.3 Aset – aset perusahaan yang terkait pengelolaan *spare part*

Aset	Harga Satuan	Kuantitas	Total Harga	<i>Life Time</i> (tahun)
Gudang dan Tanah	Rp. 8.000.000	1500 m ²	Rp. 12.000.000.000	20
Forklift	Rp. 417.000.000	1	Rp. 417.000.000	15
Handpallet	Rp. 29.900.000	3	Rp. 89.700.000	5
Mobil Pickup	Rp. 205.000.000	1	Rp. 205.000.000	10
Rak 4 meter	Rp. 8.400.000	6	Rp. 50.400.000	15
Rak 12 meter	Rp. 25.200.000	24	Rp. 604.800.000	15
Laptop	Rp. 11.150.000	5	Rp. 55.750.000,-	5
Printer Laser	Rp. 7.187.000	2	Rp. 14.374.000,-	5

(Sumber: Unit Pembangkit,2018)

Tabel 4.4 Total gaji karyawan bagian logistik

Pekerja	Jumlah Pekerja	Gaji/bulan	Total Gaji
Staff Gudang	5	Rp. 9.000.000	Rp. 45.000.000
Staff Pengadaan	5	Rp. 9.000.000	Rp. 45.000.000
Helper Gudang	6	Rp. 3.300.000	Rp. 19.800.000
Helper Pengadaan	2	Rp. 3.300.000	Rp. 6.600.000

(Sumber: Unit Pembangkit,2018)

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini akan digunakan untuk melakukan analisa penentuan *reorder quantity* (ROQ) dan *reorder point* (ROP) untuk mendukung pengelolaan pemeliharaan korektif atau *condition based maintenance* yang dilakukan perusahaan pembangkit listrik. Pengolahan data meliputi

pengelompokan *spare part* berdasarkan karakteristik permintaan *spare part* dan *criticality* untuk setiap *spare part* serta perhitungan biaya – biaya yang terkait pengelolaan inventori.

4.2.1 Pengelompokan *Spare Part*

Pengelompokan *spare part* pada penelitian ini berdasarkan karakteristik pola permintaan material dan *criticality* setiap *spare part*.

4.2.1.1 Karakteristik Pola Permintaan Spare Part Gas Turbin M701D

Pengklasifikasian permintaan *spare part* Gas Turbin M701D berdasarkan ADI dan CV^2 dengan rumusan yang terdapat pada bab 2 maka diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.5 Karakteristik pola permintaan *spare part*

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	Bulan					Total	ADI	CV	Klasifikasi
	1	2	...	35	36				
Thermocouple <i>Blade path</i> (328732)	0	0	...	0	2	8	5.00	0.1094	<i>Intermittent Demand</i>
Thermocouple <i>Blade Path</i> no. 9 (781211)	0	0	...	0	1	6	7.00	0.1389	<i>Intermittent Demand</i>
Thermocouple <i>Blade Path</i> no. 13 dan 7 (560441)	0	0	...	0	2	11	7.00	0.2479	<i>Intermittent Demand</i>
Thermocouple <i>Discavity Temperature</i> no.2 (787002)	0	0	...	0	3	10	5.83	0.2400	<i>Intermittent Demand</i>
Thermocouple <i>Discavity Temperature</i> no.3 (786996)	0	0	...	0	2	8	5.83	0.1500	<i>Intermittent Demand</i>
Thermocouple <i>Discavity Temperature</i> no.4 (770123)	0	0	...	0	3	12	5.00	0.3079	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Chassis flame scanner</i> (20370)	0	1	...	0	0	7	5.20	0.1531	<i>Intermittent Demand</i>
Trafo <i>flame scanner</i> (424853)	0	0	...	0	1	6	8.75	0.1481	<i>Intermittent Demand</i>
Thermocouple RCA (534016)	0	0	...	0	4	8	11.67	0.1875	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Combustor SWG RCA Flanges</i> ke 1 (601161)	0	0	...	0	0	10	5.17	0.5280	<i>Lumpy Demand</i>
<i>Combustor SWG RCA Flanges</i> ke 2 (275370)	0	0	...	0	0	9	5.33	0.1333	<i>Intermittent Demand</i>

Tabel 4.5 Karakteristik pola permintaan *spare part* (lanjutan)

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	Bulan					Total	ADI	CV	Klasifikasi
	1	2	...	35	36				
<i>Combustor SWG RCA Flanges ke 3 (601195)</i>	0	0	...	0	0	10	4.50	0.2400	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Holder Brush grounding (154310)</i>	0	0	...	0	0	34	3.00	0.3654	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Brush Grounding (570747)</i>	0	0	...	25	0	329	2.13	0.3336	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Brush Excitasi (13607)</i>	0	0	...	3	0	10	2.1	0.3	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Spark Plug (477562)</i>	0	2	...	0	0	14	4.57	0.0000	<i>Intermittent Demand</i>
<i>SF6 (133017)</i>	1	0	...	0	0	4	7.25	0.0000	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Silica (557207)</i>	50	0	...	0	50	1075	1.94	0.1678	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Foto Cell (589648)</i>	0	1	...	0	0	25	2.36	0.2358	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Servo Valve BBG (598136)</i>	0	0	...	1	1	22	2.33	0.1904	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Servo Valve BBM (598144)</i>	0	0	...	0	1	8	4.38	0.0000	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Filter Pall (598128)</i>	0	0	...	3	5	76	1.30	0.1316	<i>Smooth Demand</i>
<i>Solenoid Valve Torque Converter (262550)</i>	0	1	...	0	1	9	4.38	0.0988	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Cam Clutch (666735)</i>	0	0	...	0	0	3	10	0.0000	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Positioner IGV (701409)</i>	0	0	...	0	1	9	5	0.1440	<i>Intermittent Demand</i>
<i>Pilot valve (701433)</i>	1	0	...	0	0	4	7.33	0.1875	<i>Intermittent Demand</i>
<i>SV Exhaust (709675)</i>	0	0	...	0	0	4	7.25	0.0000	<i>Intermittent Demand</i>
<i>SV Bleed Valve (262410)</i>	0	0	...	0	2	13	5.83	0.2059	<i>Intermittent Demand</i>

Sumber: Perhitungan

4.2.1.2 Criticality Spare Part

Penentuan penilaian *criticality spare part* Gas Turbin M701D mengacu pada hasil *forum group discussion* (FGD) yang telah dilakukan dengan staf bidang logistik, pemeliharaan dan *engineering* unit pembangkit. Parameter yang digunakan untuk menentukan *criticality spare part* adalah sebagai berikut :

1. *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN berdasarkan hasil analisa *Failure Mode and Effect Analysis*.
2. Nilai pemakaian *spare part* (*usage*). Besarnya *usage* ditentukan berdasarkan jumlah pemakaian *spare part* dikali dengan harga *spare part*.
3. Waktu ketersediaan (*Lead Time*). Waktu yang diperlukan untuk proses pengadaan *spare part*.
4. Jumlah pemasok. Seberapa banyak pihak ketiga yang dapat mensuplai kebutuhan *spare part* unit pembangkit.

Berikut ini merupakan penilaian untuk masing – masing kriteria :

Tabel 4.6 Penilaian berdasarkan kriteria *risk priority number*

<i>Risk Priority Number</i>	Kategori	Nilai
A1, A2, B1, B2, C1,D1	Rendah	1
A3, B3, C2, D2, E1, E2	Moderat	2
A4, B4, C3, C4, D3, E3	Tinggi	3
A5, B5, C5, D4, D5, E4, E5	Ekstrem	4

(Sumber : matrik risiko perusahaan, 2012)

Tabel 4.7 Penilaian berdasarkan kriteria nilai pemakaian *spare part*

<i>Usage spare part</i>	Kategori	Nilai
Dibawah Rp. 50.000.000,-	Rendah	1
Rp. 50.000.000,- s/d 250.000.000,-	Sedang	2
Rp. 250.000.000,- s/d 500.000.000,-	Tinggi	3
Diatas Rp.500.000.000,-	Sangat tinggi	4

(Sumber : FGD, 2018)

Tabel 4.8 Penilaian berdasarkan kriteria waktu ketersediaan *spare part*

Waktu Ketersediaan <i>Spare Part</i>	Kategori	Nilai
Dibawah 1 bulan	Cepat	1
1 – 2 bulan	Sedang	2
2 – 3 bulan	Lama	3
Diatas 3 bulan	Sangat Lama	4

Tabel 4.9 Penilaian berdasarkan kriteria jumlah *supplier*

Jumlah Pemasok	Kategori	Nilai
Lebih dari 4 pemasok	Banyak	1
3 – 4 pemasok	Cukup	2
2 pemasok	Terbatas	3
1 pemasok	Sangat Terbatas	4

(Sumber : FGD, 2018)

Selanjutnya untuk masing – masing kriteria memiliki bobot terhadap *criticality spare part*. Berikut ini merupakan bobot masing – masing kriteria terhadap *criticality spare part* :

Tabel 4.10 Bobot masing – masing kriteria penilaian *criticality spare part*

Kriteria	Bobot
<i>Risk Priority Number</i>	50%
<i>Usage Spare Part</i>	30%
<i>Lead Time</i>	10%
<i>Supplier</i>	10%

(Sumber : FGD, 2018)

Masing – masing *spare part* Gas Turbin M701D dinilai kekritisannya berdasarkan empat kriteria dengan nilai bobot masing – masing kriteria. Berikut perhitungan nilai kekritisian masing – masing *spare part*.

Tabel 4.11 Penilaian *criticality spare part*

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	Kriteria				Nilai x Bobot				Total
	1	2	3	4	50%	30%	10%	10%	
Thermocouple <i>Blade path</i> (328732)	2	2	2	2	1	0.6	0.2	0.2	2.10

Tabel 4.11 Penilaian *criticality spare part* (lanjutan)

Spare Part (Stock Code)	Kriteria				Nilai x Bobot				Total
	1	2	3	4	50%	30%	10%	10%	
Thermocouple <i>Blade Path</i> no. 9 (781211)	2	2	2	2	1	0.6	0.2	0.2	2.10
Thermocouple <i>Blade Path</i> no. 13 dan 7 (560441)	2	2	2	2	1	0.6	0.2	0.2	2.10
Thermocouple <i>Discavity Temperature</i> no.2 (787002)	1	2	2	2	0.5	0.6	0.2	0.2	1.60
Thermocouple <i>Discavity Temperature</i> no.3 (786996)	1	2	2	2	0.5	0.6	0.2	0.2	1.60
Thermocouple <i>Discavity Temperature</i> no.4 (770123)	1	2	2	2	0.5	0.6	0.2	0.2	1.60
<i>Chassis flame scanner</i> (20370)	2	2	2	2	1	0.6	0.2	0.2	2.10
Trafo <i>flame scanner</i> (424853)	2	1	2	2	1	0.3	0.2	0.2	1.70
Thermocouple RCA (534016)	2	2	3	3	1	0.6	0.3	0.3	2.30
<i>Combustor SWG RCA Flanges ke 1</i> (601161)	1	1	1	2	0.5	0.3	0.1	0.2	1.10
<i>Combustor SWG RCA Flanges ke 2</i> (275370)	1	1	1	1	0.5	0.3	0.1	0.1	1.10
<i>Combustor SWG RCA Flanges ke 3</i> (601195)	1	1	1	1	0.5	0.3	0.1	0.1	1.00
Holder Brush grounding (154310)	1	1	1	2	0.5	0.3	0.1	0.2	1.20
Brush Grounding (570747)	1	3	1	1	0.5	0.9	0.1	0.1	1.70
Brush Excitasi (13607)	1	2	1	2	0.5	0.6	0.1	0.2	1.10
Spark Plug (477562)	3	4	2	1	1.5	1.2	0.2	0.1	3.20
SF6 (133017)	3	1	1	2	1.5	0.3	0.1	0.2	2.20
Silica (557207)	2	1	1	1	1	0.3	0.1	0.1	1.50
Foto Cell (589648)	2	1	1	1	1	0.3	0.1	0.1	1.60
Servo Valve BBG (598136)	4	4	2	3	2	1.2	0.2	0.3	3.70

Tabel 4.11 Penilaian *criticality spare part* (lanjutan)

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	Kriteria				Nilai x Bobot				Total
	1	2	3	4	50%	30%	10%	10%	
Servo Valve BBM (598144)	4	3	2	3	2	0.9	0.2	0.3	3.70
Filter Pall (598128)	3	2	2	2	1.5	0.6	0.2	0.2	2.50
Solenoid Valve Torque Converter (262550)	3	1	2	1	1.5	0.3	0.2	0.1	2.20
Cam Clutch (666735)	2	1	2	1	1	0.3	0.2	0.1	1.70
Positioner IGV (701409)	3	2	2	2	1.5	0.6	0.2	0.2	2.60
Pilot valve (701433)	2	1	2	1	1	0.3	0.2	0.1	1.70
SV Exhaust (709675)	2	1	2	1	1	0.3	0.2	0.1	1.70
SV Bleed Valve (262410)	3	2	2	2	1.5	0.6	0.2	0.2	2.60

Sumber : hasil perhitungan

Tingkat kekritisian *spare part* Gas Turbin dikelompokkan berdasarkan kriteria yang diperoleh dari hasil FGD dengan bidang terkait di perusahaan. Adapun pengelompokan *criticality spare part* adalah sebagai berikut :

1. *Criticality* tinggi. Yaitu *Spare part* dengan nilai diatas 80% dari nilai total secara keseluruhan termasuk dalam kategori *criticality* tinggi.
2. *Criticality* sedang. Yaitu *Spare part* dengan nilai 50% - 80% merupakan *spare part* dengan *criticality* sedang.
3. *Criticality* rendah. Yaitu *Spare part* dengan nilai dibawah 50% merupakan *spare part* dengan *criticality* rendah.

Tabel 4.12 Pengklasifikasian *criticality spare part*

<i>Criticality Spare Part</i>	Nilai Total	Label
Tinggi	3.2 – 4.0	T
Sedang	2.0 – 3.1	S
Rendah	0 – 2.0	R

Berdasarkan rentang nilai pada tabel 4.12 maka pengelompokan *spare part* sesuai dengan *criticality* masing – masing adalah sebagai berikut :

Tabel 4.13 Rekap klasifikasi *spare part* Gas Turbin M701D

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	<i>Nilai Criticality</i>	<i>Kategori Criticality</i>
Servo Valve BBG (598136)	3.70	T
Servo Valve BBM (598144)	3.70	T
Spark Plug (477562)	3.20	T
Positioner IGV (701409)	2.60	S
SV Bleed Valve (262410)	2.60	S
Filter Pall (598128)	2.50	S
Thermocouple RCA (534016)	2.30	S
SF6 (133017)	2.20	S
Solenoid Valve Torque Converter (262550)	2.20	S
Thermocouple Blade path (328732)	2.10	S
Thermocouple Blade Path no. 9 (781211)	2.10	S
Thermocouple Blade Path no. 13 dan 7 (560441)	2.10	S
Chassis flame scanner (20370)	2.10	S
Trafo flame scanner (424853)	1.70	R
Brush Grounding (570747)	1.70	R
Cam Clutch (666735)	1.70	R
Pilot valve (701433)	1.70	R
SV Exhaust (709675)	1.70	R

Tabel 4.13 Rekap klasifikasi *spare part* Gas Turbin M701D (lanjutan)

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	Nilai <i>Criticality</i>	Kategori <i>Criticality</i>
Thermocouple Discavity Temperature no.2 (787002)	1.60	R
Thermocouple Discavity Temperature no.3 (786996)	1.60	R
Thermocouple Discavity Temperature no.4 (770123)	1.60	R
Foto Cell (589648)	1.60	R
Silica (557207)	1.50	R
Holder Brush grounding (154310)	1.20	R
Combustor SWG RCA Flanges ke 1 (601161)	1.10	R
Combustor SWG RCA Flanges ke 2 (275370)	1.10	R
Brush Excitasi (13607)	1.10	R
Combustor SWG RCA Flanges ke 3 (601195)	1.00	R

4.2.2 Perhitungan Biaya Persediaan

Untuk memperoleh biaya persediaan, sebelumnya perlu dihitung biaya – biaya penyusunnya yaitu *holding cost*, *order cost* dan *shortage cost*. Ketiga jenis biaya tersebut akan digunakan untuk menentukan *order quantity* dan *reorder point* persediaan *spare part* gas turbin.

4.2.2.1 Holding Cost.

Komponen biaya ini dihitung berdasarkan depresiasi tiap aset yang terkait penyimpanan persediaan dan biaya sumber daya manusia yang mengelola persediaan. Berikut contoh perhitungan depresiasi aset gudang dengan menggunakan metode *straight line* dengan *ending value* aset sebesar Rp. 0,00.

$$\text{Depresiasi} = \frac{\text{Beginning value} - \text{Ending value}}{\text{Life time}}$$

$$\text{Depresiasi} = \frac{\text{Rp } 12.000.000.000,00 - \text{Rp. } 0,00}{20 \text{ Tahun}}$$

$$\text{Depresiasi aset gudang dalam 1 tahun} = \text{Rp. } 600.000.000,00$$

$$\text{Depresiasi aset gudang dalam 1 bulan} = \text{Rp. } 50.000.000,00$$

Dimana :

Beginning value = Harga perolehan aset

Ending value = Harga aset saat masa *life time* berakhir

Life time = Masa pakai aset

Sedangkan komponen biaya sumber daya manusia dan biaya pemakaian listrik dihitung sesuai tabel 4.11 berikut :

Tabel 4.14 Rincian komponen biaya depresiasi aset

Biaya Sumber Daya Manusia	Gaji/bulan	Biaya/bulan
Gaji 5 staff	Rp. 9.000.000,-	Rp. 45.000.000,-
Gaji 6 tenaga <i>helper</i>	Rp. 3.300.000,-	Rp. 19.800.000,-
Total		Rp. 64.800.000,-
Aset	Harga	Depresiasi/bulan
Gudang	Rp. 12.000.000.000,-	Rp. 50.000.000,-
Mobil pick up	Rp. 205.000.000,-	Rp. 1.708.333,-
Forklift	Rp. 417.000.000,-	Rp. 2.316.667,-
Handpallet	Rp. 89.700.000,-	Rp. 1.495.000,-
Rak material panjang 4 meter	Rp. 50.400.000,-	Rp. 280.000,-
Rak material panjang 12 meter	Rp. 604.800.000,-	Rp. 3.360.000,-
Total		Rp. 59.160.000,-
<i>Holding Cost</i>		Rp. 123.960.000,-

Total *holding cost* sebesar Rp. 123.960.000 merupakan biaya penyimpanan untuk semua *spare part* yang ada di gudang unit pembangkit. Total jumlah *spare part* mencapai 579 unit sehingga nilai *holding cost* per unit adalah sebagai berikut :

$$\text{Holding cost/unit} = \frac{\text{Total holding cost}}{\text{jumlah spare part}}$$

$$\text{Holding cost/unit} = \frac{\text{Rp. 123.960.000}}{579}$$

$$\text{Holding cost/unit} = \text{Rp. 214.000}$$

4.2.2.2 Reorder Cost

Komponen *reorder cost* terdiri dari biaya depresiasi aset yang terkait pengadaan *spare part*, biaya pegawai dan biaya utilitas. Berikut perhitungan *reorder cost* seperti tabel 4.12.

Tabel 4.15 Komponen *reorder cost*

Komponen Biaya Asset	Totsl	Depresiasi/bulan
Laptop 5 unit	Rp. 55.750.000,-	Rp. 929.167,-
Printer 2 unit	Rp. 14.374.000,-	Rp. 239.567,-
Consumable	Rp. 1.500.000	Rp. 1.500.000
Total		Rp.2.668.773,-

Komponen Biaya Pekerja	Gaji/bulan	Biaya/bulan
Gaji 5 staff	Rp. 9.000.000,-	Rp. 45.000.000,-
Gaji 2 tenaga helper	Rp. 3.300.000,-	Rp. 6.600.000,-
Total		Rp. 51.600.000,-

Reorder cost meliputi semua biaya pengadaan *spare part* setiap bulan. Setiap bulan rata – rata terdapat 150 pengaadaan *spare part* yang dapat dikejakan. Sehingga *reorder cost* per unit dihitung sebagai berikut :

$$\text{Reorder cost/unit} = \frac{\text{Rp. 54.268.733}}{150}$$

$$\text{Reorder} \frac{\text{cost}}{\text{unit}} = \text{Rp. 316.000}$$

4.2.2.3 Shortage Cost

Komponen *shortage cost* terdiri dari biaya kerugian yang ditimbulkan akibat unit pembangkit gas turbin tidak dapat beroperasi dikarenakan *spare part* tidak tersedia. Kerugian yang ditimbulkan terdiri dari :

a. Kerugian akibat Gas Turbin *force outage* (FO)

Perhitungan kerugian Gas Turbin trip dihitung berdasarkan hilangnya pendapatan rata – rata sebesar 70 megawatt akibat kekurangan 1 *spare part* adalah sebagai berikut :

$$\text{Kerugian energi listrik tidak terbangkitkan} = 70 \text{ MW}$$

$$\text{Harga listrik} = \text{Rp.}1120/\text{Kwh}$$

$$\text{Kerugian} = 70.000 \text{ Kwh} \times \text{Rp.}1120/\text{Kwh}$$

$$\text{Kerugian} = \text{Rp.}78.400.000$$

b. Kerugian akibat Gas Turbin *derating*

Kerugian akibat unit pembangkit tidak mampu beroperasi secara maksimal yang diakibatkan tidak tersedianya tiap satu *spare part* dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Kerugian energi listrik tidak terbangkitkan} = 20 \text{ MW}$$

$$\text{Harga listrik} = \text{Rp.}1120/\text{Kwh}$$

$$\text{Kerugian} = 20.000 \text{ Kwh} \times \text{Rp.}1120/\text{Kwh}$$

$$\text{Kerugian} = \text{Rp.}22.400.000$$

Berdasarkan analisa FMECA dapat diklasifikasikan dampak ketersediaan *spare part* terhadap unit pembangkit sebagai berikut :

Tabel 4.16 Dampak ketersediaan *spare part* terhadap *shortage cost*

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	<i>Kategori Criticality</i>	<i>Shortage Cost</i>
Servo Valve BBG (598136)	T	Rp47,824,000
Servo Valve BBM (598144)	T	Rp17,420,480

Tabel 4.16 Dampak ketersediaan *spare part* terhadap *shortage cost* (lanjutan)

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	<i>Kategori Criticality</i>	<i>Shortage Cost</i>
Spark Plug (477562)	T	Rp30,576,000
Filter Pall (598128)	S	Rp61,600,000
Positioner IGV (701409)	S	Rp5,600,000
SV Bleed Valve (262410)	S	Rp28,310,240
Solenoid Valve Torque Converter (262550)	S	Rp28,310,240
Thermocouple RCA (534016)	S	-
SF6 (133017)	S	-
Thermocouple Blade path (328732)	S	-
Thermocouple Blade Path no. 9 (781211)	S	-
Thermocouple Blade Path no. 13 dan 7 (560441)	S	-
Chassis flame scanner (20370)	S	-
Trafo flame scanner (424853)	R	-
Cam Clutch (666735)	R	-
Pilot valve (701433)	R	-
SV Exhaust (709675)	R	-
Brush Grounding (570747)	R	-
Thermocouple Discavity Temperature no.2 (787002)	R	-
Thermocouple Discavity Temperature no.3 (786996)	R	-
Thermocouple Discavity Temperature no.4 (770123)	R	-

Tabel 4.16 Dampak ketersediaan *spare part* terhadap *shortage cost* (lanjutan)

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	<i>Kategori Criticality</i>	<i>Shortage Cost</i>
Silica (557207)	R	-
Foto Cell (589648)	R	-
Combustor SWG RCA Flanges ke 1 (601161)	R	-
Holder Brush grounding (154310)	R	-
Combustor SWG RCA Flanges ke 2 (275370)	R	-
Combustor SWG RCA Flanges ke 3 (601195)	R	-
Brush Excitasi (13607)	R	-

4.3 Perhitungan *Order Quantity* dan *Reorder Level*

Perhitungan nilai *order quantity* dan *reorder level* akan menggunakan model *uncertain demand* sesuai dengan karakteristik permintaan *spare part* yang tidak menentu. Karakteristik ini terlihat dari nilai ADI maupun CV² dimana pada umumnya 93% memiliki karakteristik *intermittend demand*. Sesuai tabel 4.13 berdasarkan kriteria *shortage cost* terdapat 2 jenis *spare part* yaitu *spare part* yang menimbulkan *shortage cost* dan *spare part* yang tidak berdampak apapun ketika *spare part* tersebut tidak tersedia saat terjadi kerusakan. Untuk *spare part* yang tidak berdampak sesuai dengan kontrak kinerja perusahaan telah ditetapkan harus memenuhi syarat *service level* minimal sebesar 95%.

Sesuai dengan kondisi diatas maka perhitungan *order quantity* dan *reorder level* akan digunakan formulasi sebagai berikut :

1. *Order Quantity with shortage*

Untuk perhitungan *order quantity* dan *reorder level* digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_o = \sqrt{\frac{2 \times RC \times D}{HC}} \quad (4.1)$$

$$\frac{HC \times Q}{SC \times D} = \sum_{D=ROL}^{\infty} Prob(D) \quad (4.2)$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times D}{HC}} \times [RC + SC \times \sum_{D=R}^{\infty} (D - ROL) \times Prob(D)] \quad (4.3)$$

Sebagai inisiasi awal *order quantity* Q_o digunakan persamaan 4.1. Perhitungan Q_o merupakan tahap awal penentuan jumlah probabilitas *demand* pada persamaan 4.2 dan diperoleh nilai *reorder level* (ROL). Pada tahap akhir perhitungan *order quantity* Q akan dihitung menggunakan persamaan 4.3.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan *order quantity* dan *reorder level* *spare part* dengan *shortage cost* untuk *spare part* Filter Pall (*stock code* : 598128) dan Servo Valve BBM (*stock code* : 598144)

a. Perhitungan *order quantity* dan *reorder level* Filter Pall

Berikut adalah data – data terkait *spare part* Filter Pall (598128) yang digunakan untuk perhitungan.

Tabel 4.17 Data *spare part* Filter Pall (598128)

HC	RC	Demand/month	Shortage Cost
Rp. 214,000	Rp. 361000	2,75	Rp61,600,000

$$Q_o = \sqrt{\frac{2 \times 361000 \times 2,75}{214000}}$$

$$Q_o = 3,046$$

Q_o digunakan untuk menghitung besarnya probabilitas permintaan *spare part* dengan persamaan :

$$\sum_{D=ROL}^{\infty} Prob(D) = \frac{214000 \times 3,046}{61600000 \times 2,75}$$

$$\sum_{D=ROL}^{\infty} Prob(D) = 0.00385$$

Data permintaan *spare part* mengikuti distribusi normal dengan *mean* sebesar 2.75 unit/bulan. Berikut tabel probabilitas permintaan *spare part*.

Tabel 4.18 Probabilitas permintaan *spare part* Filter Pall (*stock code* 598128)

Value	Probability	Prob (D>value)
0	0.0639	0.9999
1	0.1758	0.9361

Tabel 4.18 Probabilitas permintaan *spare part* Filter Pall (*stock code* 598128)
(lanjutan)

<i>Value</i>	<i>Probability</i>	Prob (D>value)
2	0.2417	0.7603
3	0.2215	0.5186
4	0.1523	0.2971
5	0.0837	0.1448
6	0.0384	0.0611
7	0.015	0.0227
8	0.0051	0.0077
9	0.001586	0.0026
10	0.0004358	0.0010
11	0.0001089	0.0006

Berdasarkan tabel 4.18 jumlah probabilitas permintaan *spare part* Filter Pall (*stock code* 598128) mendekati nilai 8 (ROL = 8).

Selanjutnya akan dihitung nilai *order quantity* Q dengan persamaan 4.3. Namun untuk memudahkan dihitung terlebih dahulu jumlahan probabilitas adanya permintaan dikali D – ROL sesuai tabel 1.16.

Tabel 4.19 Hasil jumlah probabilitas permintaan

D	<i>Probability D</i>	D - ROL	(D - ROL) x Prob (D)
8	0.0051	0	0
9	0.001586	1	0.001586
10	0.0004358	2	0.0008716
11	0.0001089	3	0.0003267
Total			0.0027843

Kemudian digunakan persamaan 4.3 sehingga diperoleh *order quantity* Q sebagai berikut :

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times 2.75}{214,000}} \times (361000 + 61600000) \times 0.0027843$$

$Q = 2.10$ (*Pembulatan 2*)

Dari perhitungan diperoleh hasil *order quantity* sebesar 2 ea dan *reorder level* sebesar 8 ea.

b. Perhitungan *order quantity* dan *reorder level* Servo Valve BBG (598136)

Berikut adalah data – data terkait *spare part* servo valve BBG :

Tabel 4.20 Data *spare part* Servo Valve BBG (598136)

HC	RC	Demand/month	Shortage Cost
Rp. 214.000	Rp. 361.000	0.61	Rp47,824,000

$$Q_o = \sqrt{\frac{2 \times 361000 \times 0.61}{214000}}$$

$$Q_o = 1,436$$

$$\sum_{D=R}^{\infty} Prob(D) = \frac{214000 \times 1,436}{47,824000 \times 0.61}$$

$$\sum_{D=ROL}^{\infty} Prob(D) = 0.01052$$

Data permintaan *spare part* mengikuti distribusi *poisson* dengan *mean* sebesar 0.61 unit/bulan. Berikut tabel probabilitas permintaan *spare part* servo valve BBG.

Tabel 4.21 Probabilitas permintaan servo valve BBG

Value	Probability	Prob (D>value)
0	0.5427	0.9999
1	0.3316	0.4573
2	0.1013	0.1257
3	0.0206	0.0244
4	0.0031	0.0038
5	0.0003	0.0007

Berdasarkan tabel 4.21 jumlah probabilitas permintaan *spare part* servo valve BBG mendekati nilai 3 (ROL = 3).

Selanjutnya akan dihitung nilai *order quantity* Q dengan persamaan 4.3. Namun untuk memudahkan dihitung terlebih dahulu jumlahan probabilitas adanya permintaan dikali D – ROL sesuai tabel 4.18.

Tabel 4.22 Hasil jumlah probabilitas permintaan

D	Probability D	D - ROL	(D - ROL) x Prob (D)
3	0.0206	0	0
4	0.0031	1	0.0031
5	0.0003	2	0.0006
Total			0.0037

Kemudian digunakan persamaan 4.3 sehingga diperoleh *order quantity* Q sebagai berikut :

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times 0.61}{214,000}} \times [(361 + 47824000) \times 0.0037]$$

$$Q = 1.008$$

Dari perhitungan diperoleh hasil *order quantity* sebesar 1.008 (pembulatan menjadi 1 ea) dan *reorder level* sebesar 3 ea.

2. Reorder level Intermittend demand

Untuk permintaan *spare part* yang tidak menimbulkan *shortage cost* digunakan perhitungan *order quantity* Q dengan menggunakan persamaan 4.1. Sedangkan perhitungan *reorder level* menggunakan pendekatan model sesuai dengan karakteristik permintaan *spare part* gas turbin yang bersifat *intermittend* sesuai dengan persamaan 4.4 berikut :

$$\begin{aligned} \text{Service level} &= 1 - \text{Prob}(\text{shortage}) \\ &= 1 - \text{Prob}(\text{there is demand}) \times \text{Prob}(\text{demand} > A) \quad (4.4) \end{aligned}$$

Sesuai dengan kinerja perusahaan pembangkit maka ditetapkan besaran *service level* yaitu 95%. Berikut contoh perhitungan nilai *order quantity* dan *reorder level* untuk *spare part* TC Discavity no. 2 (*stock code* : 787002) dengan data – data sebagai berikut :

Tabel 4.23 Data permintaan TC Discavity no. 2

Spare Part (Stock Code)	Bulan					Total	ADI	CV	Klasifikasi
	1	2	...	35	36				
Thermocouple Discavity Temperature no.2 (787002)	0	0	...	0	3	10	5.83	0.2400	Intermittent Demand

HC	RC	Prob (Demand)	St. Dev	Shortage Cost
Rp. 214,000	Rp. 361,000	0.1715	0.82	-

Berdasarkan tabel 4.23 diketahui nilai ADI sebesar 5.83 bulan sehingga rata – rata setiap 5.83 bulan ada 1 permintaan dengan jumlah 1 ea. Dengan menggunakan persamaan 4.4 nilai *reorder level* dapat dilakukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 0.95 &= 1 - \text{Prob}(\text{shortage}) \\
 &= 1 - \text{Prob}(\text{there is demand}) \times \text{Prob}(\text{demand} > A)
 \end{aligned}$$

$$\text{Prob}(\text{there is demand}) \times \text{Prob}(\text{demand} > A) = 1 - 0.95$$

$$\text{Prob}(\text{there is demand}) \times \text{Prob}(\text{demand} > A) = 0.05$$

$$0.1715 \times \text{Prob}(\text{demand} > A) = 0.05$$

$$\text{Prob}(\text{demand} > A) = \frac{0.05}{0.1715}$$

$$\text{Prob}(\text{demand} > A) = 0.2915$$

Dengan distribusi normal maka diketahui nilai tersebut merujuk pada 0.549 sehingga diperoleh *reorder level* (ROL) sebesar :

$$A = ED + Z \times \sigma$$

$$A = 1.67 + (0.549 \times 0.82)$$

$$A = 2.12 \text{ (pembulatan 2)}$$

Untuk jumlah *order quantity* dapat dihitung menggunakan persamaan 4.1 karena tidak ada variable *shortage cost* dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times 361,000 \times 0.2778}{214000}}$$

$$Q = 0.8330 \text{ (Pembulatan 1)}$$

Maka nilai *order quantity* dan *reorder level* sebesar 1 dan 2 ea.

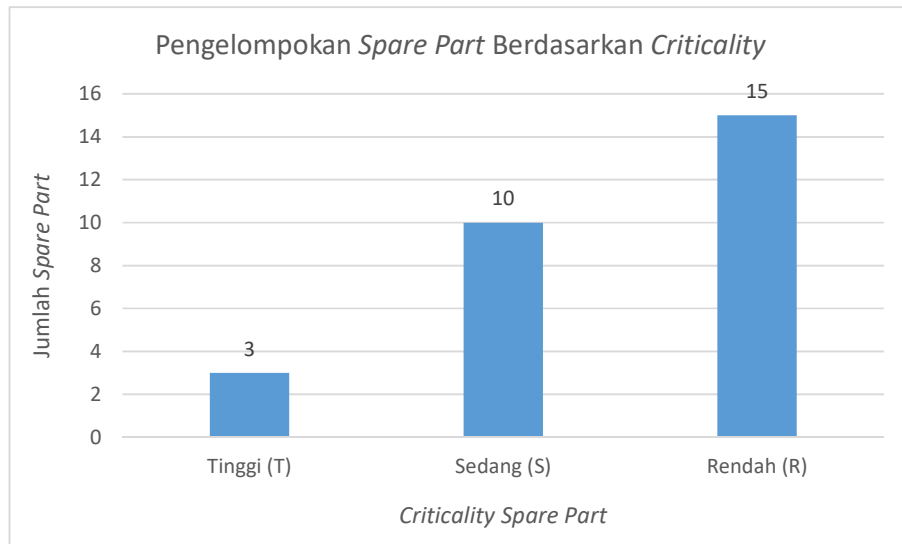
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI

5.1. Analisis *Criticality Spare Part*

Berdasarkan pada bab sebelumnya dapat diperoleh hasil sesuai grafik 5.1 dimana *spare part* yang digunakan untuk pemeliharaan korektif maupun *condition based maintenance* diperoleh kesimpulan bahwa terdapat 3 *spare part* dengan *criticality* tinggi (T), 10 *spare part* dengan *criticality* sedang (S) dan 15 *spare part* dengan *criticality* rendah (R).



Gambar 5.1 Grafik jumlah *spare part* berdasarkan *criticality*

Spare part yang memiliki *criticality* T adalah Servo Valve untuk bahan bakar gas (BBG) dan bahan bakar minyak (BBM) serta Spark Plug . Dari hasil penelitian diketahui ketiga *spare part* memiliki *criticality* yang tinggi dikarenakan beberapa faktor sebagai berikut :

1. Harga *spare part* yang sangat mahal dimana biaya pengadaan Servo Valve dan Spark Plug mencapai 40,8% dari total biaya *spare part* selama 1 tahun.
2. Waktu permintaan cepat dengan ADI sebesar 2,33 bulan untuk Servo Valve BBG dan 4,38 untuk BBM serta 4,57 bulan untuk Spark Plug dimana rata – rata nilai ADI untuk semua *spare part* adalah 5,26 bulan.

3. Ketidaktersediaan *spare part* saat pemeliharaan dapat mengakibatkan Gas Turbin tidak dapat beroperasi. Hal ini dikarenakan fungsi dari Servo Valve adalah untuk pengaturan bahan bakar Gas Turbin.
4. Pemasok Servo Valve merupakan pemasok tunggal. Hal ini menyebabkan ketergantungan perusahaan terhadap pemasok dan dapat mengganggu proses bisnis perusahaan jika ada permasalahan dalam pasokan *spare part*.

Untuk itu *spare part* dengan *criticality* T harus dimonitor lebih ketat dan *service level* harus 100%. Salah satu faktor yang membuat Servo Valve BBG memudahkan perusahaan meskipun *criticality* T adalah faktor *lead time*. Servo valve BBG memiliki *lead time* yang cukup cepat yaitu dibawah 30 hari. Sedangkan Servo Valve BBM memiliki *lead time* paling cepat 3 bulan.

Spare part dengan *criticality* S berjumlah 10 *spare part*. Berdasarkan analisa FMECA, 5 *spare part* berdampak langsung terhadap operasional unit pembangkit dan menimbulkan *shortage cost* baik *force outage* maupun penurunan daya mampu Gas Turbin (Derating). *Spare part* yang berdampak langsung terhadap operasional unit harus diperlakukan yang sama dengan melakukan pemantauan secara ketat agar tetap tersedia ketika dibutuhkan. Dan untuk *spare part* dengan *criticality* B namun tidak menimbulkan *shortage cost* secara langsung dapat *service level* 95%. Hal ini disebabkan ADI kedua *spare part* sangat lama yaitu 7,25 dan 11,67 bulan. *Lead time* SF6 dibawah 30 hari sehingga ketika permintaan melebihi stok dapat secara langsung diproses pengadaan. Sedangkan thermocouple RCA meskipun *lead time* lebih dari 3 bulan tetapi interval permintaan ADI sangat lama yaitu 11,67 bulan sehingga ketika permintaan melebihi stok dapat diproses pengadaan.

Spare part dengan *criticality* R berjumlah 15 *spare part*. Sebagian besar *spare part* memiliki nilai ADI diatas 5 bulan yakni 68,4%. Sehingga *service level* dapat mengikuti kinerja perusahaan sebesar 95%. Berikut ini adalah rekap pengelompokan *spare part* berdasarkan pola permintaan dan *criticality* sesuai tabel 5.1.

Tabel 5.1 Rekap pengelompokan *spare part* berdasarkan pola permintaan dan *criticality*

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	ADI	CV ²	Pola Permintaan	Nilai Criticality	Kategori Criticality
Servo Valve BBG (598136)	2.33	0.1904	<i>Intermittent Demand</i>	3.70	T
Servo Valve BBM (598144)	4.38	0	<i>Intermittent Demand</i>	3.70	T
Spark Plug (477562)	4.57	0	<i>Intermittent Demand</i>	3.20	T
Filter Pall (598128)	1.3	0.1316	<i>Smooth Demand</i>	2.60	S
Positioner IGV (701409)	5	0.144	<i>Intermittent Demand</i>	2.60	S
SV Bleed Valve (262410)	5.83	0.2059	<i>Intermittent Demand</i>	2.50	S
Thermocouple RCA (534016)	11.67	0.1875	<i>Intermittent Demand</i>	2.30	S
SF6 (133017)	7.25	0	<i>Intermittent Demand</i>	2.20	S
Solenoid Valve Torque Converter (262550)	4.38	0.0988	<i>Intermittent Demand</i>	2.20	S
Thermocouple Blade path (328732)	5	0.1094	<i>Intermittent Demand</i>	2.10	S
Thermocouple Blade Path no. 9 (781211)	7	0.1389	<i>Intermittent Demand</i>	2.10	S
Thermocouple Blade Path no. 13 dan 7 (560441)	7	0.2479	<i>Intermittent Demand</i>	2.10	S
Chassis flame scanner (20370)	5.2	0.1531	<i>Intermittent Demand</i>	2.10	S
Trafo flame scanner (424853)	8.75	0.1481	<i>Intermittent Demand</i>	1.70	R
Cam Clutch (666735)	10	0	<i>Intermittent Demand</i>	1.70	R
Pilot valve (701433)	7.33	0.1875	<i>Intermittent Demand</i>	1.70	R
SV Exhaust (709675)	7.25	0	<i>Intermittent Demand</i>	1.70	R
Brush Grounding (570747)	2.13	0.3336	<i>Intermittent Demand</i>	1.70	R
Thermocouple Discavity Temperature no.2 (787002)	5.83	0.24	<i>Intermittent Demand</i>	1.60	R
Thermocouple Discavity Temperature no.3 (786996)	5.83	0.15	<i>Intermittent Demand</i>	1.60	R

Tabel 5.1 Rekap pengelompokan *spare part* berdasarkan pola permintaan dan *criticality* (lanjutan).

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	ADI	CV ²	Pola Permintaan	Nilai Criticality	Kategori Criticality
Thermocouple Discavity Temperature no.4 (770123)	5	0.3079	<i>Intermittent Demand</i>	1.60	R
Silica (557207)	1.94	0.1678	<i>Intermittent Demand</i>	1.60	R
Foto Cell (589648)	2.36	0.2358	<i>Intermittent Demand</i>	1.50	R
Combustor SWG RCA Flanges ke 1 (601161)	5.17	0.528	<i>Lumpy Demand</i>	1.20	R
Holder Brush grounding (154310)	3	0.3654	<i>Intermittent Demand</i>	1.10	R
Combustor SWG RCA Flanges ke 2 (275370)	5.33	0.1333	<i>Intermittent Demand</i>	1.10	R
Combustor SWG RCA Flanges ke 3 (601195)	4.5	0.24	<i>Intermittent Demand</i>	1.10	R
Brush Excitasi (13607)	2.1	0.3	<i>Intermittent Demand</i>	1.00	R

5.2. Analisis Re-order Quantity

Nilai *reorder quantity* menggambarkan seberapa besar jumlah *spare part* dipesan untuk memenuhi permintaan dan memperhatikan faktor biaya pemesanan dan penyimpanan. Oleh karena itu dalam perumusan *economic order quantity* (EOQ) terdapat *holding cost*, *order cost* dan *demand*. Untuk kasus jumlah pemesanan *spare part* unit pembangkit tidak cukup dengan perumusan tersebut karena ada faktor *shortage cost* ketika terjadi kehabisan stok *spare part*. Untuk itu harus dipertimbangkan perumusan *order quantity* dengan *shortage cost* sesuai yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Sedangkan perumusan *order quantity* tanpa adanya *shortage cost* dapat digunakan perumusan EOQ. Berikut ini rekap *order quantity* untuk masing – masing *spare part*.

Tabel 5.2 Rekap *reorder quantity spare part*

<i>Spare Part</i>	<i>Criticality</i>	<i>Reorder Quantity</i>
Servo Valve BBG (598136)	T	1
Servo Valve BBM (598144)	T	1

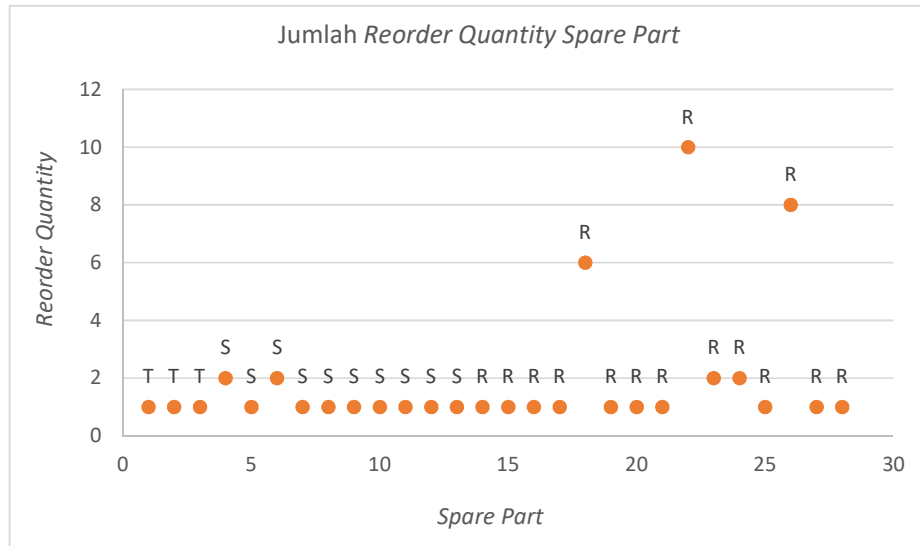
Tabel 5.2 Rekap *reorder quantity spare part* (lanjutan).

<i>Spare Part</i>	<i>Criticality</i>	<i>Reorder Quantity</i>
Spark Plug (477562)	T	1
Filter Pall (598128)	S	2
Positioner IGV (701409)	S	1
SV Bleed Valve (262410)	S	1
Thermocouple RCA (534016)	S	1
SF6 (133017)	S	1
Solenoid Valve Torque Converter (262550)	S	1
Thermocouple Blade path (328732)	S	1
Thermocouple Blade Path no. 9 (781211)	S	1
Thermocouple Blade Path no. 13 dan 7 (560441)	S	1
Chassis flame scanner (20370)	S	1
Trafo flame scanner (424853)	R	1
Cam Clutch (666735)	R	1
Pilot valve (701433)	R	1
SV Exhaust (709675)	R	1
Brush Grounding (570747)	R	6
Thermocouple Discavity Temperature no.2 (787002)	R	1

Tabel 5.2 Rekap *reorder quantity spare part* (lanjutan).

<i>Spare Part</i>	<i>Criticality</i>	<i>Reorder Quantity</i>
Thermocouple Discavity Temperature no.3 (786996)	R	1
Thermocouple Discavity Temperature no.4 (770123)	R	1
Silica (557207)	R	10
Foto Cell (589648)	R	2
Combustor SWG RCA Flanges ke 1 (601161)	R	1
Holder Brush grounding (154310)	R	2
Combustor SWG RCA Flanges ke 2 (275370)	R	1
Combustor SWG RCA Flanges ke 3 (601195)	R	1
Brush Excitasi (13607)	R	8

Gambar 5.2 dibawah ini menggambarkan hubungan antara jumlah *order quantity* dengan *criticality spare part*. Berdasarkan grafik dapat disimpulkan bahwa antara *spare part* dengan *criticality* A, B dan C memiliki jumlah *order quantity* yang sebagian besar sama. Demikian juga *spare part* dengan dampak menimbulkan *shortage cost* maupun tidak menimbulkan *shortage cost* memiliki jumlah *order quantity* yang sebagian besar sama. Hal ini disebabkan faktor yang paling berpengaruh terhadap *order quantity* adalah banyaknya permintaan jumlah *order quantity* dipengaruhi banyaknya permintaan. Sebagian besar permintaan *spare part* bersifat *intermittend* dengan variasi yang rendah juga merupakan faktor penyebab sebagian besar *order quantity* bernilai 1.



Gambar 5.2 Grafik *reorder quantity* masing – masing *spare part*

5.3. Analisis *Re-order Point*

Reorder point merupakan level stok *spare part* yang harus dijaga agar dapat menjaga *service level* pada titik tertentu. Perhitungan jumlah *reorder point* menggunakan pendekatan yang sama dimana *spare part* yang menimbulkan *shortage cost* (*criticality* A) dihitung dengan perumusan dengan variable *shortage cost* dan untuk *spare part criticality* C menggunakan perumusan *reorder point* dengan *safety stock*. Meskipun tidak berdampak langsung terhadap operasional unit pembangkit, *spare part criticality* C juga dapat mengganggu *performance* Gas Turbin dalam jangka waktu tertentu. Sehingga perusahaan pembangkit menetapkan *service level* sebesar 95%. Berikut ini merupakan rekap hasil perhitungan *reorder point* masing – masing *spare part*.

Tabel 5.3 Rekap *reorder point spare part*

<i>Spare Part</i>	<i>Criticality</i>	<i>Re-order Point</i>
Servo Valve BBG (598136)	T	3
Servo Valve BBM (598144)	T	2
Spark Plug (477562)	T	2
Filter Pall (598128)	S	8

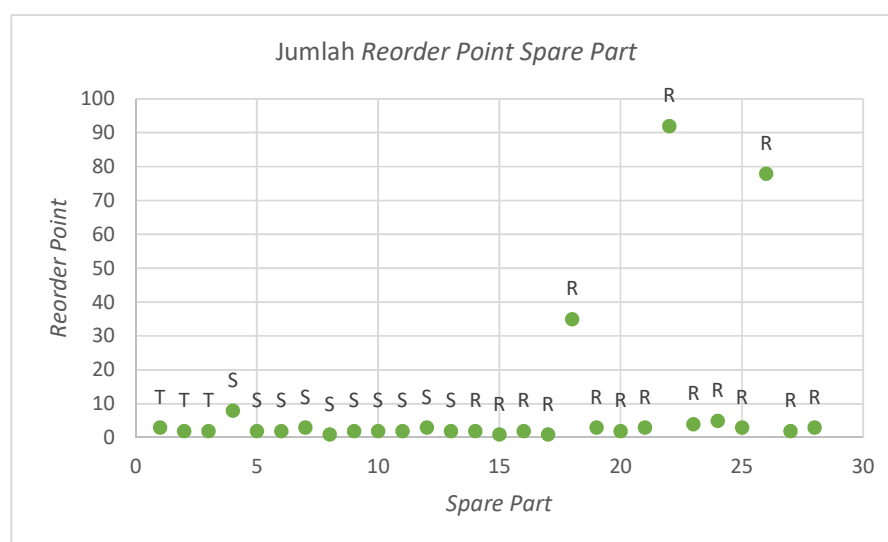
Tabel 5.3 Rekap *reorder point spare part* (lanjutan).

<i>Spare Part</i>	<i>Criticality</i>	<i>Re-order Point</i>
Positioner IGV (701409)	S	2
SV Bleed Valve (262410)	S	2
Thermocouple RCA (534016)	S	3
SF6 (133017)	S	1
Solenoid Valve Torque Converter (262550)	S	2
Thermocouple Blade path (328732)	S	2
Thermocouple Blade Path no. 9 (781211)	S	2
Thermocouple Blade Path no. 13 dan 7 (560441)	S	3
Chassis flame scanner (20370)	S	2
Trafo flame scanner (424853)	R	2
Cam Clutch (666735)	R	1
Pilot valve (701433)	R	2
SV Exhaust (709675)	R	1
Brush Grounding (570747)	R	35
Thermocouple Discavity Temperature no.2 (787002)	R	3
Thermocouple Discavity Temperature no.3 (786996)	R	2
Thermocouple Discavity Temperature no.4 (770123)	R	3
Silica (557207)	R	92

Tabel 5.3 Rekap *reorder point spare part* (lanjutan).

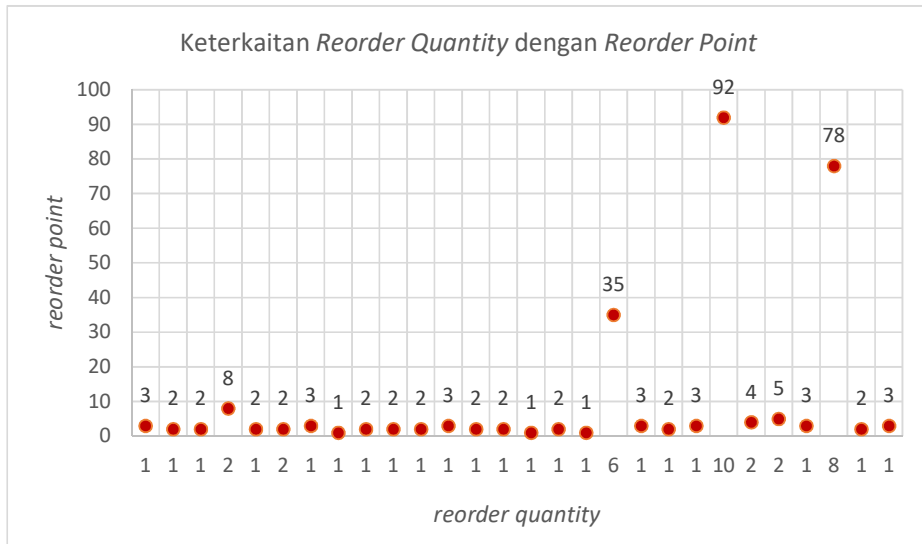
<i>Spare Part</i>	<i>Criticality</i>	<i>Re-order Point</i>
Foto Cell (589648)	R	4
Combustor SWG RCA Flanges ke 1 (601161)	R	3
Holder Brush grounding (154310)	R	5
Combustor SWG RCA Flanges ke 2 (275370)	R	2
Combustor SWG RCA Flanges ke 3 (601195)	R	3
Brush Excitasi (13607)	R	78

Berdasarkan dari hasil perhitungan diketahui ada beberapa *spare part* dengan jumlah *reorder point* lebih tinggi dibandingkan dengan nilai yang ditetapkan perusahaan pembangkit. Salah satu contoh adalah Servo Valve BBG memiliki seting ROP sebesar 2 unit dan tidak memperimbangkan adanya *shortage cost* ketika stok tidak tersedia. Beberapa *spare part criticality C* memiliki nilai ROP yang sangat tinggi hal ini dikarenakan variasi permintaan yang cukup besar sebagaimana yang terlihat pada gambar 5.3.



Gambar 5.3 Jumlah *reorder point* masing – masing *spare part*

Keterkaitan antara nilai ROP dengan *order quantity*nya dapat dilihat pada gambar 5.4. gambar tersebut menunjukkan ada keterkaitan antara nilai ROP dengan *order quantity spare part*. Semakin tinggi nilai ROP maka nilai *order quantity spare part* akan semakin tinggi.



Gambar 5.4 Kerkaitan hubungan ROP dengan nilai *order quantity*

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Spare part* Gas Turbin M701D yang digunakan untuk pemeliharaan korektif dan *condition based maintenance* sebanyak 28 *spare part* dan 93% memiliki pola permintaan *intermittent* dengan rata – rata interval permintaan 5.26 bulan
2. *Spare part* dengan *criticality* tinggi (T) sebanyak 3 *spare part*, 10 *spare part* dengan *criticality* sedang (S) dan 15 *spare part* dengan *criticality* rendah (R).
3. Untuk 3 *spare part* dengan *criticality* T dan 4 *spare part* dengan *criticality* S, penentuan nilai *reorder quantity* dan *reorder point* dilakukan dengan mempertimbangkan *shortage cost* dan *service level* sebesar 100%.
4. Untuk 6 *spare part* dengan *criticality* S dan 15 *spare part* dengan *criticality* R, penentuan nilai *reorder quantity* dan *reorder point* dilakukan dengan mempertimbangkan nilai *service level* sebesar 95%.
5. Dari hasil penentuan nilai *reorder quantity* dan *reorder point* didapatkan rata – rata nilai *reorder point* lebih besar dibandingkan dengan nilai *reorder quantity*.
6. Untuk *spare part* dengan *criticality* T didapatkan nilai *reorder point* yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai yang ditetapkan perusahaan pembangkit. Sehingga perlu dilakukan penyesuaian untuk menghindari risiko terjadinya *shortage cost* di masa yang akan datang.

5.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya :

1. Penentuan *holding cost* dalam penelitian ini sebatas pada *depresiasi* aset dan biaya sumber daya manusia. Sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan parameter lainnya seperti *cost of capital*, *obsolescence cost* dan *stock investment constraint*.

2. Nilai *holding cost* dan *reorder cost* pada penelitian ini dilakukan berdasarkan nilai rata – rata *holding cost* per *spare part*. Sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menggunakan fraksional *holding cost* dengan mempertimbangkan nilai masing – masing *spare part*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bloom N., (2006), "Reliability centered maintenance: implementation made simple, NY: McGraw-Hill Companies.
- Bacchetti, A., Plebani, R., Saccani, N. and Syntetos, A., (2010), "Spare parts classification and inventory management: a case study" Salford Business School Working Papers Series, vol. 408.
- Cavalieri, S., Garetti, M., Macchi, M. and Pinto, R., (2008)., "A decision-making framework for managing maintenance *spare parts*," Production Planning & Control, vol. 19, no. 4, pp. 379–396.
- Daryus, A., (2007), *Manajemen Pemeliharaan Mesin*, Universitas Darma Persada, Jakarta.
- Desphande V.S., Modak J.P., (2002), Application of RCM to a medium scale industry. Reliability Engineering and System Safety ;77:31–43.
- Gulati, R., (2008), *Maintenance and Reliability Best Practices*. Industrial Press, Inc., pp. 45-69.
- Kennedy, W.J., Patterson, J.W., Fredendall, L.D., (2002), "An overview of recent literature on *spare parts* inventories", Journal of Production Economics, 76, pp. 201-215.
- Rausand M, Høyland A., (2003), System reliability analysis: models, statistical methods, and applications. 2nd ed.. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience.
- Selvik J.T, Aven T., (2002), "A Framework for reliability and risk centered maintenance", *Journal of Reliability Engineering and System Safety*, 96, pp. 324–331.
- Sutarman, (2003), Perencanaan persediaan bahan baku dengan model backorder. *Infomatek*, 5(3), pp. 141–152.
- Waters, D., (2008), *Inventory Control and Management*. John Wiley & Sons.
- Williams, T., (1984), "Stock control with sporadic and slow-moving demand", Journal of the Operational Research Society, pp. 939–948.
- Wang, W. and Syntetos, A.A., (2011), "Spare parts demand: Linking forecasting to equipment maintenance. Transportation Research Part E: Logistics and

Transportation Review, vol. 47, no. 6, pp. 1194–1209.

Worsham, W. C., (2002), “Is Preventive Maintenance Necessary?”. *Reliability and Maintenance Research*, hal. 02.

LAMPIRAN 1

Rekapitulasi data penggantian *spare part* Gas Turbin M701D terhitung mulai Bulan Januari 2014 s.d Desember 2016

Spare Part (Stock Code)	Bulan ke-																																				Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
Thermocouple Blade path (328732)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	8	
Thermocouple Blade Path no. 9 (781211)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6		
Thermocouple Blade Path no. 13 dan 7 (560441)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11		
Thermocouple Discavity Temperature no.2 (787002)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10		
Thermocouple Discavity Temperature no.3 (786996)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8			
Thermocouple Discavity Temperature no.4 (770123)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12			
Chassis flame scanner (20370)	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	7			
Trafo flame scanner (424853)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6			

**Rekapitulasi data penggantian *spare part* Gas Turbin M701D terhitung mulai
Bulan Januari 2014 s.d Desember 2016 (lanjutan)**

Spare Part (Stock Code)	Bulan ke-																																				Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
Thermocouple RCA (534016)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	8
Combustor SWG RCA Flanges ke 1 (601161)	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	10
Combustor SWG RCA Flanges ke 2 (275370)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	2	0	1	0	0	2	0	0	0	9
Combustor SWG RCA Flanges ke 3 (601195)	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Holder Brush grounding (154310)	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	8	2	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	2	0	4	0	0	4	0	0	0	4	2	0	0	34
Brush Grounding (570747)	0	0	40	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	12	28	0	0	28	16	4	0	28	0	12	20	0	24	0	8	8	32	4	0	25	0	329
Brush Excitasi (13607)	0	0	0	0	16	59	0	0	75	0	50	25	0	0	60	15	50	10	0	16	0	79	30	5	4	0	0	73	0	0	54	74	0	0	6	701	
Spark Plug (477562)	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	14	

**Rekapitulasi data penggantian *spare part* Gas Turbin M701D terhitung mulai
Bulan Januari 2014 s.d Desember 2016 (lanjutan)**

Spare Part (Stock code)	Bulan ke-																																				Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
SF6 (133017)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
Silica (557207)	50	50	0	5	20	5	20	5	0	0	100	0	0	0	100	0	0	50	0	50	100	0	0	50	0	100	0	50	0	50	0	50	50	0	75	0	50	1075
Foto Cell (589648)	0	1	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3	0	3	1	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
Servo Valve BBG	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2	3	0	1	1	22
Servo Valve BBM	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	8	
Filter Pall	0	0	4	0	5	2	0	5	3	0	5	2	2	5	5	5	5	3	0	4	1	5	5	0	3	3	4	4	1	2	0	4	3	4	0	5	99	
Solenoid Valve Torque Converter	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	9	
Cam Clutch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3		
Positioner	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	
Pilot valve	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	

LAMPIRAN 2

Data transaksi *spare part* untuk *corrective* atau *condition based maintenance*

Gas Turbin M701D terhitung Januari 2014 sampai dengan Oktober 2018

1. TC Blade Path (328732)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-09-12	2018/09	ISS	F05436/0001	1
2017-10-17	2017/10	ISS	K04932/0002	5
2017-10-03	2017/10	ISS	B05034/0002	6
2017-09-12	2017/09	ISS	B05028/0001	1
2017-07-12	2017/07	ISS	D04890/0001	1
2017-07-04	2017/07	ISS	H04968/0002	6
2017-05-15	2017/05	ISS	F05146/0001	6
2017-04-06	2017/04	ISS	E04973/0001	1
2017-04-06	2017/04	ISS	F05133/0001	2
2017-03-29	2017/03	ISS	D04843/0001	2
2017-01-13	2017/01	ISS	K04764/0001	1
2017-01-12	2017/01	ISS	G04942/0001	1
2016-12-05	2016/12	ISS	J04883/0001	1
2016-12-02	2016/12	ISS	B04848/0004	1
2016-07-26	2016/07	ISS	C04809/0001	1
2015-10-22	2015/10	ISS	K04482/0001	1
2015-09-16	2015/09	ISS	E04556/0001	1
2015-08-05	2015/08	ISS	E04511/0001	1
2015-01-15	2015/01	ISS	A04270/0001	1
2014-11-24	2014/11	ISS	B04340/0001	1

2. TC Blade path 9 (781211)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2017-10-17	2017/10	ISS	K04932/0003	1
2017-10-03	2017/10	ISS	B05034/0003	1
2016-12-02	2016/12	ISS	B04848/0005	1
2016-01-12	2016/01	ISS	F04775/0002	1
2015-08-05	2015/08	ISS	E04511/0003	1
2015-01-15	2015/01	ISS	A04270/0002	1
2014-11-24	2014/11	ISS	B04340/0002	1
2014-11-06	2014/11	ISS	H04281/0001	1

3. TC Blade path 13,7 (560441)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2017-10-17	2017/10	ISS	K04932/0004	1
2017-10-03	2017/10	ISS	B05034/0004	1
2017-05-15	2017/05	ISS	F05146/0002	1
2016-12-02	2016/12	ISS	B04848/0006	2
2016-01-12	2016/01	ISS	F04775/0001	1
2015-08-05	2015/08	ISS	E04511/0002	2
2015-01-15	2015/01	ISS	A04270/0003	2
2014-11-24	2014/11	ISS	B04340/0003	2
2014-11-06	2014/11	ISS	H04281/0002	2

4. TC Discavity no. 2 (787002)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2016-12-28	2016/12	ISS	K04755/0001	1
2016-12-05	2016/12	ISS	J04883/0003	1
2016-12-02	2016/12	ISS	B04848/0008	1
2015-10-27	2015/10	ISS	H04561/0001	1
2015-10-20	2015/10	ISS	F04697/0001	1
2015-06-15	2015/06	ISS	G04524/0002	2
2015-04-18	2015/04	ISS	C04494/0001	1
2015-01-16	2015/01	ISS	G04449/0001	1
2014-11-24	2014/11	ISS	J04366/0002	1
2014-11-06	2014/11	ISS	B04317/0003	1

5. TC Discavity no. 3 (786996)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-08-27	2018/08	ISS	G05311/0003	1
2017-10-17	2017/10	ISS	K04932/0006	1
2017-09-18	2017/09	ISS	H05011/0002	1
2017-09-12	2017/09	ISS	B05028/0002	1
2017-07-04	2017/07	ISS	H04968/0005	1
2017-05-15	2017/05	ISS	F05146/0003	1
2017-03-23	2017/03	ISS	A04834/0001	1
2016-12-05	2016/12	ISS	J04883/0004	1
2016-12-02	2016/12	ISS	B04848/0009	1
2015-10-27	2015/10	ISS	H04561/0002	1
2015-10-20	2015/10	ISS	F04697/0002	1

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2015-08-07	2015/08	ISS	E04515/0004	1
2015-06-15	2015/06	ISS	G04524/0001	1
2015-01-16	2015/01	ISS	G04449/0002	1
2014-11-24	2014/11	ISS	J04366/0003	1

6. TC Discavity no. 4 (770123)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-09-07	2018/09	ISS	K05147/0001	1
2017-10-17	2017/10	ISS	K04932/0007	1
2017-09-18	2017/09	ISS	H05011/0003	1
2017-07-10	2017/07	ISS	D04886/0002	1
2017-07-04	2017/07	ISS	H04968/0006	1
2017-05-15	2017/05	ISS	F05146/0004	1
2017-03-23	2017/03	ISS	E04964/0001	1
2016-12-19	2016/12	ISS	C04918/0001	1
2016-12-05	2016/12	ISS	J04883/0005	1
2016-12-02	2016/12	ISS	B04848/0010	1
2015-10-20	2015/10	ISS	F04697/0003	1
2015-10-20	2015/10	ISS	D04498/0001	1
2015-06-15	2015/06	ISS	G04524/0003	1
2015-04-18	2015/04	ISS	C04494/0002	1
2015-01-16	2015/01	ISS	G04449/0003	1
2014-12-15	2014/12	ISS	D04262/0001	1
2014-11-24	2014/11	ISS	J04366/0004	1
2014-11-18	2014/11	ISS	K04232/0001	1
2014-11-06	2014/11	ISS	B04317/0004	1

7. Chassis Flame Scaner (20370)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-10-05	2018/10	ISS	G05347/0001	2
2018-08-29	2018/08	ISS	F05422/0001	2
2017-11-28	2017/11	ISS	B05078/0001	1
2017-10-09	2017/10	ISS	H05041/0001	2
2017-05-22	2017/05	ISS	H04946/0001	1
2017-04-06	2017/04	ISS	E04971/0001	1
2017-03-29	2017/03	ISS	K04833/0001	1
2017-01-13	2017/01	ISS	B04889/0001	2

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2015-11-30	2015/11	ISS	G04663/0001	2
2015-11-30	2015/11	ISS	B04609/0001	1
2015-11-30	2015/11	ISS	B04608/0001	2
2015-02-10	2015/02	ISS	F04507/0001	1
2014-05-08	2014/05	ISS	F04298/0001	1
2014-02-20	2014/02	ISS	F04244/0001	1

8. Trafo flame scanner (424853)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-10-05	2018/10	ISS	G05347/0001	2
2018-08-29	2018/08	ISS	F05422/0001	2
2017-11-28	2017/11	ISS	B05078/0001	1
2017-10-09	2017/10	ISS	H05041/0001	2
2017-05-22	2017/05	ISS	H04946/0001	1
2017-04-06	2017/04	ISS	E04971/0001	1
2017-03-29	2017/03	ISS	K04833/0001	1
2017-01-13	2017/01	ISS	B04889/0001	2
2015-11-30	2015/11	ISS	G04663/0001	2
2015-11-30	2015/11	ISS	B04609/0001	1
2015-11-30	2015/11	ISS	B04608/0001	2
2015-02-10	2015/02	ISS	F04507/0001	1
2014-05-08	2014/05	ISS	F04298/0001	1
2014-02-20	2014/02	ISS	F04244/0001	1

9. Thermocouple RCA (534016)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-08-27	2018/08	ISS	G05311/0001	2
2017-10-17	2017/10	ISS	K04932/0001	2
2017-10-03	2017/10	ISS	B05034/0001	2
2017-07-04	2017/07	ISS	H04968/0003	2
2017-03-23	2017/03	ISS	E04962/0001	2
2016-12-05	2016/12	ISS	J04883/0002	2
2016-12-02	2016/12	ISS	B04848/0007	2
2015-08-05	2015/08	ISS	C04573/0001	2
2015-05-28	2015/05	ISS	H04445/0002	2

10. Combustor SWG RCA Flanges ke 1 (601161)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2017-11-17	2017/11	ISS	A04982/0001	1
2017-09-22	2017/09	ISS	B05040/0004	1
2017-04-06	2017/04	ISS	J04970/0001	1
2016-08-10	2016/08	ISS	D04706/0001	1
2016-06-29	2016/06	ISS	J04783/0001	2
2016-01-25	2016/01	ISS	H04630/0001	1
2015-12-23	2015/12	ISS	G04682/0001	1
2014-09-29	2014/09	ISS	H04248/0002	1
2014-04-11	2014/04	ISS	C04208/0001	4

11. Combustor SWG RCA Flanges ke 2 (275370)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-08-30	2018/08	ISS	C05271/0001	1
2018-08-14	2018/08	ISS	K05141/0003	2
2018-04-23	2018/04	ISS	E05196/0002	3
2017-10-02	2017/09	ISS	B05040/0005	0
2017-09-20	2017/09	ISS	H05030/0001	2
2017-08-14	2017/08	ISS	H04992/0001	3
2017-04-06	2017/04	ISS	J04970/0002	1
2016-09-29	2016/09	ISS	E04836/0001	2
2016-06-28	2016/06	ISS	C04796/0001	1
2016-04-25	2016/04	ISS	E04725/0001	2
2016-02-15	2016/02	ISS	D04586/0001	2
2016-01-25	2016/01	ISS	H04630/0002	1
2015-09-07	2015/09	ISS	D04455/0001	1

12. Combustor SWG RCA Flanges ke 3 (601195)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-12-04	2018/12	ISS	H05294/0001	1
2018-08-10	2018/08	ISS	F05409/0002	2
2017-11-17	2017/11	ISS	A04982/0002	1
2017-10-13	2017/10	ISS	J05091/0001	2
2017-09-22	2017/09	ISS	B05040/0006	1
2017-02-10	2017/02	ISS	C04960/0001	1
2017-01-13	2017/01	ISS	F05074/0001	2
2016-04-13	2016/04	ISS	F04853/0001	1
2016-03-21	2016/03	ISS	C04727/0001	2

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2016-01-25	2016/01	ISS	H04630/0003	1
2015-12-23	2015/12	ISS	G04682/0002	1
2014-09-29	2014/09	ISS	H04248/0001	2
2014-04-11	2014/04	ISS	C04208/0002	3

13. Brush Grounding (*Stock Code : 570747*)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-10-23	2018/10	ISS	C05304/0001	2
2018-10-23	2018/10	ISS	E05311/0002	4
2018-10-23	2018/10	ISS	J05325/0001	4
2018-09-26	2018/09	ISS	K05158/0001	12
2018-09-26	2018/09	ISS	F05445/0001	13
2018-09-26	2018/09	ISS	E05288/0001	13
2018-09-26	2018/09	ISS	B05249/0001	12
2018-05-16	2018/05	ISS	A05070/0001	25
2018-05-15	2018/05	ISS	D05088/0001	5
2018-05-15	2018/05	ISS	F05365/0001	10
2018-05-15	2018/05	ISS	J05214/0001	10
2017-10-26	2017/10	ISS	J05104/0001	10
2017-10-26	2017/10	ISS	A04967/0001	18
2017-09-07	2017/09	ISS	H05010/0001	12
2017-08-11	2017/08	ISS	E05054/0001	20
2017-04-12	2017/04	ISS	A04848/0001	25
2017-02-27	2017/02	ISS	G04976/0001	5
2017-01-10	2017/01	ISS	F05073/0001	10
2016-11-22	2016/11	ISS	C04887/0001	25
2016-09-05	2016/09	ISS	H04773/0001	4
2016-08-30	2016/08	ISS	A04686/0002	4
2016-08-30	2016/08	ISS	F04953/0002	4
2016-08-30	2016/08	ISS	H04768/0001	4
2016-08-30	2016/08	ISS	B04786/0001	4
2016-08-30	2016/08	ISS	C04825/0001	4
2016-08-30	2016/08	ISS	H04769/0001	4
2016-08-30	2016/08	ISS	J04824/0001	4
2016-08-30	2016/08	ISS	J04823/0001	4
2016-07-01	2016/07	ISS	F04921/0001	8
2016-06-28	2016/06	ISS	C04795/0001	4
2016-06-24	2016/06	ISS	E04765/0001	4
2016-04-29	2016/04	ISS	F04868/0001	8

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2016-04-25	2016/04	ISS	K04612/0002	3
2016-04-25	2016/04	ISS	K04611/0002	7
2016-04-25	2016/04	ISS	J04727/0002	6
2016-02-05	2016/02	ISS	A04568/0001	10
2016-02-05	2016/02	ISS	B04654/0001	10
2016-02-01	2016/01	ISS	H04635/0002	8
2016-01-13	2016/01	ISS	E04648/0001	4
2015-11-25	2015/11	ISS	G04661/0001	4
2015-11-23	2015/11	ISS	G04656/0003	4
2015-11-10	2015/11	ISS	G04625/0001	20
2015-09-15	2015/09	ISS	E04546/0001	1
2015-09-10	2015/09	ISS	F04666/0001	2
2015-09-10	2015/09	ISS	F04667/0001	1
2015-08-10	2015/08	ISS	E04512/0001	8
2015-08-10	2015/08	ISS	F04626/0002	8
2015-07-25	2015/07	ISS	K04419/0001	4
2015-07-15	2015/07	ISS	D04421/0001	4
2015-07-15	2015/07	ISS	E04505/0001	4
2015-07-15	2015/07	ISS	C04569/0001	4
2015-07-06	2015/07	ISS	H04298/0001	4
2015-04-10	2015/04	ISS	B04435/0003	4
2015-04-10	2015/04	ISS	D04360/0002	4
2015-04-10	2015/04	ISS	B04439/0003	2
2015-04-10	2015/04	ISS	C04484/0001	4
2015-04-10	2015/04	ISS	F04548/0001	2
2015-04-10	2015/04	ISS	G04496/0001	1
2015-04-10	2015/04	ISS	J04448/0001	2
2015-04-10	2015/04	ISS	J04449/0001	2
2015-04-10	2015/04	ISS	A04333/0001	3
2015-04-06	2015/04	ISS	K04328/0005	4
2015-03-31	2015/03	ISS	E04422/0001	4
2015-03-31	2015/03	ISS	D04347/0001	4
2015-03-31	2015/03	ISS	B04426/0001	4
2014-06-16	2014/06	ISS	F04330/0001	40
2014-03-10	2014/03	ISS	C04183/0001	40

14. Holder Brush Grounding (Stock Code : 154310)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-10-23	2018/10	ISS	C05304/0002	2

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-10-23	2018/10	ISS	E05311/0003	2
2018-10-17	2018/10	ISS	B05261/0001	2
2018-10-15	2018/10	ISS	B05259/0001	2
2018-07-10	2018/07	ISS	K05112/0002	2
2017-08-11	2017/08	ISS	E05054/0002	10
2017-02-27	2017/02	ISS	J04949/0001	4
2016-10-17	2016/10	ISS	B04827/0001	2
2016-09-15	2016/09	ISS	A04703/0001	2
2016-09-15	2016/09	ISS	E04823/0001	2
2016-04-25	2016/04	ISS	K04612/0001	2
2016-04-25	2016/04	ISS	J04727/0001	2
2016-04-18	2016/04	ISS	G04762/0003	4
2016-02-01	2016/01	ISS	H04635/0001	4
2015-11-30	2015/11	ISS	D04531/0001	2
2015-08-10	2015/08	ISS	F04626/0004	2
2015-06-15	2015/06	ISS	H04440/0003	2
2015-04-28	2015/04	ISS	B04451/0004	2
2015-01-16	2015/01	ISS	B04382/0001	2
2014-12-06	2014/12	ISS	B04351/0001	4
2014-12-06	2014/12	ISS	H04308/0002	4
2014-05-08	2014/05	ISS	A04157/0001	2

15. Brush Excitasi (*Stock Code : 13607*)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-10-23	2018/10	ISS	E05311/0001	36
2018-08-14	2018/08	ISS	A05129/0001	64
2018-07-10	2018/07	ISS	K05112/0001	4
2018-07-03	2018/07	ISS	K05099/0001	64
2018-06-21	2018/06	ISS	J05228/0001	100
2018-05-15	2018/05	ISS	F05366/0001	64
2017-12-18	2017/12	ISS	F05297/0001	94
2017-06-14	2017/06	ISS	J04987/0001	150
2017-05-23	2017/05	ISS	K04864/0001	80
2016-12-02	2016/12	ISS	A04757/0001	6
2016-08-30	2016/08	ISS	A04686/0001	10
2016-08-30	2016/08	ISS	F04953/0001	64
2016-08-30	2016/08	ISS	H04768/0002	10
2016-08-10	2016/08	ISS	H04756/0001	74
2016-08-01	2016/07	ISS	A04675/0001	30

2016-08-01	2016/07	ISS	A04674/0001	12
2016-07-25	2016/07	ISS	D04688/0001	12
2016-04-18	2016/04	ISS	G04762/0001	3
2016-04-06	2016/04	ISS	A04604/0001	70
2016-01-08	2016/01	ISS	H04622/0001	4
2015-12-11	2015/12	ISS	F04756/0002	5
2015-11-25	2015/11	ISS	G04661/0002	22
2015-11-23	2015/11	ISS	G04656/0002	8
2015-10-20	2015/10	ISS	F04694/0003	4
2015-10-12	2015/10	ISS	B04574/0001	75
2015-08-10	2015/08	ISS	F04626/0003	16
2015-06-15	2015/06	ISS	H04440/0002	10
2015-05-15	2015/05	ISS	E04456/0001	50
2015-04-10	2015/04	ISS	B04435/0004	5
2015-04-10	2015/04	ISS	D04360/0001	10
2015-03-23	2015/03	ISS	C04472/0008	10
2015-03-09	2015/03	ISS	C04440/0001	50
2014-12-06	2014/12	ISS	B04351/0002	5
2014-12-06	2014/12	ISS	H04308/0001	20
2014-11-13	2014/11	ISS	J04355/0001	34
2014-11-13	2014/11	ISS	J04354/0001	16
2014-09-06	2014/09	ISS	D04176/0001	75
2014-06-17	2014/06	ISS	F04333/0001	59
2014-05-08	2014/05	ISS	C04230/0001	16

16. Spark Plug (Stock Code : 477562)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-06-25	2018/06	ISS	D05105/0001	2
2017-12-07	2017/12	ISS	E05126/0001	2
2017-10-12	2017/10	ISS	H05048/0001	2
2016-09-29	2016/09	ISS	F04984/0001	2
2015-11-30	2015/11	ISS	J04620/0001	2
2015-06-18	2015/06	ISS	J04496/0001	2
2015-01-19	2015/01	ISS	A04207/0001	2
2014-11-06	2014/11	ISS	K04212/0001	2
2014-09-03	2014/09	ISS	F04385/0001	2
2014-02-11	2014/02	ISS	H04075/0001	2

17. Foto Cell (Stock Code : 589648)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-09-03	2018/09	ISS	A05139/0001	2
2018-08-02	2018/08	ISS	H05229/0002	2
2017-09-06	2017/09	ISS	C05059/0005	1
2017-08-23	2017/08	ISS	F05221/0001	3
2017-06-19	2017/06	ISS	J05009/0002	2
2017-04-25	2017/04	ISS	E04979/0001	2
2016-03-08	2016/03	ISS	E04680/0001	2
2016-02-18	2016/02	ISS	C04708/0002	2
2016-01-11	2016/01	ISS	J04649/0005	2
2015-11-16	2015/11	ISS	H04576/0001	1
2015-10-07	2015/10	ISS	E04564/0001	3
2015-08-18	2015/08	ISS	A04424/0002	3
2015-05-11	2015/05	ISS	A04354/0003	2
2015-04-25	2015/04	ISS	F04561/0001	1
2014-05-28	2014/05	ISS	K04095/0004	1
2014-05-21	2014/05	ISS	K04091/0003	2
2014-05-20	2014/05	ISS	B04197/0002	2
2014-05-08	2014/05	ISS	H04137/0001	1
2014-03-25	2014/03	ISS	H04115/0002	1
2014-03-25	2014/03	ISS	B04163/0001	1
2014-03-20	2014/03	ISS	F04247/0001	1
2014-03-20	2014/03	ISS	B04143/0001	1
2014-02-25	2014/02	ISS	H04086/0001	1

18. SF6 (Stock Code : 133017)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-10-17	2018/10	ISS	J05323/0002	1
2017-10-26	2017/10	ISS	D04968/0001	1
2015-12-07	2015/12	ISS	E04618/0001	1
2015-10-27	2015/10	ISS	J04586/0001	1
2015-03-05	2015/03	ISS	K04302/0001	1
2014-01-20	2014/01	ISS	G04165/0001	1

19. Silica (Stock Code : 557207)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-08-06	2018/08	ISS	J05262/0001	100
2018-06-26	2018/06	ISS	A05095/0002	25

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-04-05	2018/04	ISS	F05349/0001	25
2018-03-05	2018/03	ISS	E05175/0001	25
2018-01-22	2018/01	ISS	J05156/0001	100
2017-12-14	2017/12	ISS	G05175/0007	25
2017-12-14	2017/12	ISS	K04999/0001	50
2017-10-09	2017/10	ISS	D04947/0001	50
2017-08-24	2017/08	ISS	G05092/0001	25
2017-08-24	2017/08	ISS	E05057/0001	50
2017-06-07	2017/06	ISS	H04953/0004	50
2017-05-05	2017/05	ISS	J04986/0001	50
2017-03-27	2017/03	ISS	F05127/0001	50
2017-02-14	2017/02	ISS	F05104/0001	50
2017-01-26	2017/01	ISS	G04946/0001	50
2017-01-04	2017/01	ISS	J04911/0002	25
2016-12-19	2016/12	ISS	J04901/0002	25
2016-12-19	2016/12	ISS	J04898/0001	25
2016-10-04	2016/10	ISS	C04854/0001	50
2016-10-04	2016/10	ISS	B04821/0001	25
2016-09-29	2016/09	ISS	B04816/0001	50
2016-07-13	2016/07	ISS	E04776/0001	50
2016-06-17	2016/06	ISS	K04645/0001	50
2016-04-08	2016/04	ISS	B04700/0001	50
2016-02-05	2016/02	ISS	G04712/0001	50
2016-02-05	2016/02	ISS	G04714/0001	50
2015-12-23	2015/12	ISS	A04530/0002	50
2015-09-18	2015/09	ISS	D04472/0001	50
2015-09-07	2015/09	ISS	F04664/0003	50
2015-08-10	2015/08	ISS	C04574/0001	50
2015-06-15	2015/06	ISS	C04533/0001	50
2015-03-25	2015/03	ISS	G04485/0001	50
2015-03-16	2015/03	ISS	G04473/0001	50
2014-11-12	2014/11	ISS	J04351/0001	100
2014-08-13	2014/08	ISS	K04148/0001	25
2014-06-05	2014/06	ISS	B04195/0001	25
2014-05-08	2014/05	ISS	G04246/0001	50
2014-03-19	2014/03	ISS	B04155/0001	50
2014-01-20	2014/01	ISS	E04140/0001	25
2014-01-19	2014/01	ISS	E04132/0001	25

20. Servo Valve BBG (598136)

Date	Accounting Period	Trans Type	Document No	Quantity
2018-08-27	2018/08	ISS	H05240/0003	1
2018-08-24	2018/08	ISS	A05134/0001	1
2018-08-24	2018/08	ISS	E05266/0001	1
2018-08-24	2018/08	ISS	F05417/0001	1
2018-08-24	2018/08	ISS	J05283/0001	2
2018-07-10	2018/07	ISS	A05104/0001	1
2018-05-15	2018/05	ISS	K05073/0001	1
2018-04-26	2018/04	ISS	C05198/0001	1
2018-02-26	2018/02	ISS	E05173/0001	1
2018-02-14	2018/02	ISS	A05036/0001	1
2017-10-09	2017/10	ISS	D04946/0001	1
2017-10-09	2017/10	ISS	B05051/0001	1
2017-10-03	2017/10	ISS	E05077/0001	1
2017-09-19	2017/09	ISS	E05068/0001	1
2017-04-25	2017/04	ISS	J04982/0001	1
2017-04-06	2017/04	ISS	K04840/0001	1
2017-03-10	2017/03	ISS	D04832/0001	1
2017-01-26	2017/01	ISS	K04784/0001	1
2016-12-14	2016/12	ISS	H04858/0001	1
2016-11-08	2016/11	ISS	A04736/0001	1
2016-09-29	2016/09	ISS	H04801/0001	1
2016-09-20	2016/09	ISS	F04972/0001	1
2016-09-05	2016/09	ISS	D04723/0001	1
2016-08-23	2016/08	ISS	D04709/0001	1
2016-08-20	2016/08	ISS	E04791/0001	1
2016-02-18	2016/02	ISS	A04577/0001	1
2016-01-25	2016/01	ISS	H04631/0001	1
2016-01-19	2016/01	ISS	G04700/0001	1
2015-09-28	2015/09	ISS	F04684/0001	2
2015-08-21	2015/08	ISS	C04586/0001	1
2015-08-11	2015/08	ISS	D04437/0001	1
2015-07-03	2015/07	ISS	G04543/0001	1
2015-02-26	2015/02	ISS	F04526/0001	1
2015-01-15	2015/01	ISS	C04430/0002	1
2015-01-12	2015/01	ISS	D04292/0001	1
2014-10-01	2014/09	ISS	G04344/0001	1
2014-09-03	2014/09	ISS	E04279/0001	1
2014-08-18	2014/08	ISS	C04312/0001	1
2014-08-07	2014/08	ISS	K04138/0001	1

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2014-07-22	2014/07	ISS	F04350/0001	1

21. Servo BBM (598144)

Date	Accounting Period	Trans Type	Document No	Quantity
2016-12-14	2016/12	ISS	H04858/0002	1
2016-10-07	2016/10	ISS	D04742/0001	1
2015-10-20	2015/10	ISS	B04583/0001	1
2015-07-03	2015/07	ISS	G04544/0001	1
2015-06-24	2015/06	ISS	C04536/0001	1
2014-11-24	2014/11	ISS	G04404/0002	1
2014-10-17	2014/10	ISS	F04415/0001	1
2014-03-12	2014/03	ISS	D04070/0001	1

22. Filter Pall (598128)

Date	Accounting Period	Trans Type	Document No	Quantity
12/2/2016	2016/12	ISS	F05029/0001	5
11/15/2016	2016/11	ISS	H04824/0001	1
11/8/2016	2016/11	ISS	A04736/0002	2
10/26/2016	2016/10	ISS	A04726/0001	2
10/20/2016	2016/10	ISS	E04851/0001	5
10/20/2016	2016/10	ISS	F05003/0001	2
10/17/2016	2016/10	ISS	F05001/0001	2
7/27/2016	2016/07	ISS	F04919/0002	2
7/26/2016	2016/07	ISS	H04742/0001	5
7/19/2016	2016/07	ISS	K04659/0001	5
6/27/2016	2016/06	ISS	E04767/0001	2
5/9/2016	2016/05	ISS	F04881/0001	1
4/18/2016	2016/04	ISS	A04614/0001	2
4/13/2016	2016/04	ISS	E04709/0001	2
3/24/2016	2016/03	ISS	E04668/0001	2
3/24/2016	2016/03	ISS	F04842/0001	2
3/14/2016	2016/03	ISS	F04832/0002	2
3/8/2016	2016/03	ISS	J04684/0001	2
12/14/2015	2015/12	ISS	F04757/0001	6
12/4/2015	2015/12	ISS	D04537/0001	1
11/25/2015	2015/11	ISS	E04609/0001	1
11/25/2015	2015/11	ISS	B04606/0001	2
11/25/2015	2015/11	ISS	J04611/0001	2

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
10/20/2015	2015/10	ISS	C04629/0001	1
10/15/2015	2015/10	ISS	D04495/0001	5
9/10/2015	2015/09	ISS	J04571/0001	1
8/21/2015	2015/08	ISS	C04586/0002	2
8/5/2015	2015/08	ISS	J04533/0001	2
5/19/2015	2015/05	ISS	F04572/0001	5
4/18/2015	2015/04	ISS	A04340/0001	5
4/1/2015	2015/03	ISS	G04486/0001	5
2/9/2015	2015/02	ISS	A04287/0002	3
2/9/2015	2015/02	ISS	A04287/0001	2
1/15/2015	2015/01	ISS	C04430/0001	2
11/24/2014	2014/11	ISS	G04404/0001	5
11/6/2014	2014/11	ISS	G04378/0001	2
10/14/2014	2014/10	ISS	E04307/0001	5
7/2/2014	2014/06	ISS	A04182/0001	2
5/8/2014	2014/05	ISS	H04131/0001	5
3/10/2014	2014/03	ISS	H04087/0001	4

23. Cam Clutch (Stock Code : 666735)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-09-17	2018/09	ISS	C05278/0001	1
2017-03-23	2017/03	ISS	K04834/0001	1
2016-07-26	2016/07	ISS	H04744/0001	1
2015-06-13	2015/06	ISS	J04492/0001	1
2015-02-05	2015/02	ISS	F04509/0001	1

24. SV Torque Converter (Stock Code : 262550)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2017-08-22	2017/08	ISS	J05051/0001	1
2017-07-04	2017/07	ISS	K04883/0001	1
2016-12-01	2016/12	ISS	B04849/0001	1
2016-03-21	2016/03	ISS	A04599/0001	1
2015-10-20	2015/10	ISS	H04554/0001	1
2015-08-05	2015/08	ISS	K04423/0002	1
2015-05-20	2015/05	ISS	E04459/0002	1
2015-01-16	2015/01	ISS	F04490/0002	1
2014-11-24	2014/11	ISS	B04339/0002	1
2014-11-06	2014/11	ISS	J04342/0002	1

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2014-02-11	2014/02	ISS	D04057/0001	1

25. SV IAD Exhaust (*Stock Code : 709675*)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-09-12	2018/09	ISS	C05275/0001	1
2018-07-10	2018/07	ISS	C05251/0001	1
2017-12-18	2017/12	ISS	C05143/0001	1
2016-06-20	2016/06	ISS	D04672/0001	1
2016-02-15	2016/02	ISS	G04718/0001	1
2014-10-13	2014/10	ISS	J04320/0001	1
2014-08-28	2014/08	ISS	H04218/0001	1

26. SV Bleed Valve (*Stock Code : 262410*)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-10-08	2018/10	ISS	F05464/0001	1
2017-12-18	2017/12	ISS	E05139/0001	1
2017-09-20	2017/09	ISS	D04928/0001	1
2017-07-04	2017/07	ISS	K04884/0001	2
2017-06-21	2017/06	ISS	C05013/0001	2
2017-05-15	2017/05	ISS	J04989/0001	2
2016-12-01	2016/12	ISS	F05031/0001	2
2016-10-03	2016/10	ISS	J04843/0002	1
2015-10-20	2015/10	ISS	H04555/0001	2
2015-08-05	2015/08	ISS	G04557/0001	2
2014-12-29	2014/12	ISS	G03938/0001	2
2014-11-24	2014/11	ISS	J04366/0001	2
2014-11-06	2014/11	ISS	B04317/0001	2

27. Pilot Valve IAD (*Stock Code : 701433*)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2018-11-12	2018/11	ISS	A05185/0001	1
2017-12-18	2017/12	ISS	C05143/0002	1
2017-11-02	2017/11	ISS	E05102/0001	1
2015-01-22	2015/01	ISS	E04385/0001	1
2014-09-11	2014/09	ISS	B04281/0001	1
2014-09-11	2014/09	ISS	F04397/0001	1
2014-01-09	2014/01	ISS	E04124/0001	1

28. Positioner IGV (Stock Code : 701409)

<i>Date</i>	<i>Accounting Period</i>	<i>Trans Type</i>	<i>Document No</i>	<i>Quantity</i>
2017-11-13	2017/11	ISS	A04940/0002	1
2017-09-12	2017/09	ISS	C05064/0001	1
2017-09-06	2017/09	ISS	C05059/0004	1
2017-07-04	2017/07	ISS	K04884/0002	1
2016-12-01	2016/12	ISS	F05031/0002	1
2015-10-20	2015/10	ISS	H04555/0002	1
2015-08-05	2015/08	ISS	G04557/0002	1
2015-05-28	2015/05	ISS	H04445/0001	1
2014-11-24	2014/11	ISS	A04229/0001	1
2014-11-06	2014/11	ISS	B04317/0002	1
2014-08-30	2014/08	ISS	F04351/0001	1
2014-08-14	2014/08	ISS	B04241/0001	1
2014-07-02	2014/06	ISS	C04277/0001	1

LAMPIRAN 3

Data pemakaian *spare part* Gas Turbin M701D rata – rata per tahun

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	Pemakaian rata – rata (1)	Harga rata – rata (2)	<i>Usage</i> (1 x 2)
Thermocouple <i>Blade path</i> (328732)	3	Rp. 36,628,490	Rp 109,885,470
Thermocouple <i>Blade Path</i> no. 9 (781211)	2	Rp 32,000,000	Rp 64,000,000
Thermocouple <i>Blade Path</i> no. 13 dan 7 (560441)	4	Rp. 33,672,086	Rp 134,688,345
Thermocouple <i>Discavity</i> <i>Temperature</i> no.2 (787002)	3	Rp. 40,250,000	Rp 161,000,000
Thermocouple <i>Discavity</i> <i>Temperature</i> no.3 (786996)	3	Rp. 28,606,743	Rp 85,820,229
Thermocouple <i>Discavity</i> <i>Temperature</i> no.4 (770123)	4	Rp. 44,500,000	Rp 178,000,000
<i>Chassis flame scanner</i> (20370)	2	Rp. 48,939,000	Rp 146,817,000
Trafo <i>flame scanner</i> (424853)	2	Rp. 22,050,000	Rp 44,100,000
Thermocouple RCA (534016)	3	Rp. 27,525,754	Rp 82,577,262
<i>Combustor</i> SWG RCA <i>Flanges</i> ke 1 (601161)	3	Rp. 656,250	Rp 2,625,000
<i>Combustor</i> SWG RCA <i>Flanges</i> ke 2 (275370)	3	Rp. 800,000	Rp 2,400,000
<i>Combustor</i> SWG RCA <i>Flanges</i> ke 3 (601195)	3	Rp. 875,000	Rp 3,500,000
Holder Brush grounding (154310)	11	Rp. 3,285,000	Rp 39,420,000
Brush Grounding (570747)	110	Rp. 3,302,250	Rp 363,247,500
Spark Plug (477562)	5	Rp. 106,362,500	Rp 531,812,500
SF6 (133017)	1	Rp. 16,841,667	Rp 33,683,333
Silica (557207)	358	Rp. 39,524	Rp 14,162,876
Foto Cell (589648)	8	Rp. 152,855	Rp 1,273,789
Servo Valve BBG (598136)	7	Rp. 163,960,000	Rp 1,202,373,333

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	<i>Pemakaian rata – rata (1)</i>	<i>Harga rata – rata (2)</i>	<i>Usage (1 x 2)</i>
Servo Valve BBM (598144)	3	Rp. 160,960,000	Rp 429,226,667
Filter Pall (598128)	25	Rp. 5,267,500	Rp 133,443,333
Solenoid Valve Torque Converter (262550)	3	Rp. 12,214,398	Rp 36,643,194
Cam Clutch (666735)	1	Rp. 17,500,000	Rp 17,500,000
Positioner IGV (701409)	3	Rp. 24,956,250	Rp 74,868,750
Pilot valve (701433)	1	Rp. 8,500,000	Rp 11,333,333
SV Exhaust (709675)	1	Rp. 3,831,000	Rp 5,108,000
SV Bleed Valve (262410)	4	Rp. 21,700,000	Rp 94,033,333

LAMPIRAN 4

Data pemasok *spare part* Gas Turbin M701D

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	Nama Pemasok
Thermocouple <i>Blade path</i> (328732)	1. KEIVAN BERSAUDARA PT 2. DWI MUKTI. CV
Thermocouple <i>Blade Path</i> no. 9 (781211)	1. KEIVAN BERSAUDARA PT 2. DWI MUKTI. CV
Thermocouple <i>Blade Path</i> no. 13 dan 7 (560441)	1. KEIVAN BERSAUDARA PT 2. DWI MUKTI. CV
Thermocouple <i>Discavity Temperature</i> no.2 (787002)	1. KEIVAN BERSAUDARA PT 2. DWI MUKTI. CV
Thermocouple <i>Discavity Temperature</i> no.3 (786996)	1. KEIVAN BERSAUDARA PT 2. DWI MUKTI. CV
Thermocouple <i>Discavity Temperature</i> no.4 (770123)	1. KEIVAN BERSAUDARA PT 2. DWI MUKTI. CV
<i>Chassis flame scanner</i> (20370)	1. TOTAL JASA CREASINDO. CV 2. KARYA KEMENANGAN. PT
<i>Trafo flame scanner</i> (424853)	1. MUKTI DJAYA CV 2. BINA CITRA ENERGI CV 3. TOTAL JASA CREASINDO. CV
Thermocouple RCA (534016)	1. KEIVAN BERSAUDARA PT
<i>Combustor</i> SWG RCA <i>Flanges</i> ke 1 (601161)	1. SINAR JAYA MANDIRI. CV 2. CATUR PUTRA. CV 3. RODA EMAS JAYA. PT
<i>Combustor</i> SWG RCA <i>Flanges</i> ke 2 (275370)	1. SINAR JAYA MANDIRI. CV 2. ARTHA BANGUN SEJAHTERA. CV 3. CATUR PUTRA. CV 4. RODA EMAS JAYA. PT
<i>Combustor</i> SWG RCA <i>Flanges</i> ke 3 (601195)	1. SINAR JAYA MANDIRI. CV 2. ARTHA BANGUN SEJAHTERA. CV 3. CATUR PUTRA. CV 4. RODA EMAS JAYA. PT 5. KOPERASI DIAN SEJAHTERA
Holder Brush grounding (154310)	1. RADIKA MERSENINDO PRATAMA. PT 2. CATUR SETIYA. CV
Brush Grounding (570747)	1. RADIKA MERSENINDO PRATAMA. PT 2. CATUR SETIYA. CV 3. BANGUN KARYA BERSAMA. PT 4. CARBON & ELECTRIC. PT
Spark Plug (477562)	1. SUPRA KARYA MANDIRI. PT 2. RAGAM TEHNIKA. CV 3. KEIVAN BERSAUDARA PT 4. DWI MUKTI. CV

<i>Spare Part (Stock Code)</i>	<i>Nama Pemasok</i>
SF6 (133017)	1. PT. ANEKA GAS INDUSTRI 2. SAMATOR GAS INDUSTRI. PT
Silica (557207)	1. SINAR JAYA MANDIRI. CV 2. SUMBER ENERGI ALAM. CV 3. SEMESTA BUMI HIJAU PT 4. CATUR PUTRA. CV 5. LINTAS NUSANTARA. CV
Foto Cell (589648)	1. ARYA TEKNIK. CV 2. SINAR JAYA MANDIRI. CV 3. GLOBAL SARANA MANDIRI CV 4. KOPERASI KARYAWAN PLN SGRK
Servo Valve BBG (598136)	1. KARYA KEMENANGAN. PT
Servo Valve BBM (598144)	1. KARYA KEMENANGAN. PT
Filter Pall (598128)	1. KEIVAN BERSAUDARA PT 2. MUKTI DJAYA CV
Solenoid Valve Torque Converter (262550)	1. MUKTI DJAYA CV 2. ABDI BANGUN GRESIK. CV 3. RAGAM TEKNIKA MANDIRI. CV 4. ARYA TEKNIK. CV
Cam Clutch (666735)	1. MUKTI DJAYA CV 2. DWI MUKTI. CV 3. AQUA TERRA SUPPLINDO. CV 4. EKA LIPTA PERSADA. PT
Positioner IGV (701409)	1. MUKTI DJAYA CV 2. TOTAL JASA CREASINDO. CV 3. DWI MUKTI. CV 4. PT. KENCANA ALAM PUTRA
Pilot valve (701433)	1. MUKTI DJAYA CV 2. KEIVAN BERSAUDARA PT 3. REXATAMA ASA MANDIRI. CV 4. DWI MUKTI. CV
SV Exhaust (709675)	1. TATA SOLUSI BUANA. PT 2. SEMESTA RAHMAH. CV 3. CONTROMATIC PRIMA MANDIRI. PT 4. DWI MUKTI. CV
SV Bleed Valve (262410)	1. MUKTI DJAYA CV 2. RAGAM TEHNIKA NUSANTARA. PT 3. CV. TOTAL JASA CREASINDO

LAMPIRAN 5

Failure Mode And Effect Criticality Analysis peralatan utama Gas Turbin M701D

No	Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	Probability Failure	Severe Effect	RPN	Maintenance
1	CONTROL VALVE 165 & 174	Servo Valve abnormal	Gagal start, GT Trip, CV hunting	Corrosion, clogging	Penggantian	D	4	D4	CBM, Cr, OH
		Filter control oil kotor	CV hunting, GT Trip	Control oil kotor	Penggantian	D	3	D3	Cr, OH
		Position transmitter rusak	CV hunting	Life time	Penggantian, Kalibrasi	A	3	A3	OH
2	DP Transmitter	Penunjukan tidak akurat	CV hunting	Life time	Penggantian	A	3	A3	OH
3	Pressure Transmitter	Penunjukan tidak akurat	Penunjukan tidak sesuai aktual	Life time	Penggantian, Kalibrasi	A	1	A1	OH
4	Pressure Oil Transmitter	transmitter rusak	Penunjukan tidak sesuai aktual	Life time	Penggantian, Kalibrasi	A	1	A1	OH
5	Flow Transmitter	Penunjukan tidak akurat	Penunjukan tidak sesuai aktual	Life time, line kotor, kebocoran line	Penggantian, kalibrasi	A	3	A3	OH
6	Pressure Indicator	Penunjukan tidak akurat	Penunjukan tidak sesuai aktual	Life time	Penggantian	A	1	A1	Cr, OH
7	Vent Valve Gas	Solenoid valve rusak	Valve tidak dapat close	Short circuit, life time	Penggantian	B	2	B2	Cr, OH
		Limit switch rusak	GT tidak ready to start	Life time	Penggantian, adjustment	B	2	B2	Cr, OH
8	Fuel Nozzle	Fuel nozzle gasket rusak	Terjadi kebocoran HSD	Life time	Penggantian	A	1	A1	OH
		Washer lock rusak	Fuel nozzle kurang rapat	overheat	Penggantian	A	2	A2	OH
		Fuel nozzle assy.	Pembakaran tidak merata	lubang nozzle deformasi	Penggantian	A	3	A3	OH

No	Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	Probability Failure	Severe Effect	RPN	Maintenance
9	Blade Path	Kerusakan pada thermocouple <i>Blade path</i>	Perubahan output megawatt terlalu cepat	Kerusakan sensor, <i>short circuit</i>	Kalibrasi, penggantian sensor	C	2	C2	Cr, OH
		Kerusakan pada thermocouple <i>Blade Path</i> no. 9	Perubahan output megawatt terlalu cepat	<i>shielded</i> rusak, terminasi kotor	Kalibrasi, Penggantian	C	2	C2	Cr, OH
		Kerusakan pada thermocouple <i>Blade Path</i> no. 13, 7	Perubahan output megawatt terlalu cepat	<i>Life time, over/heat</i>	Penggantian, Kalibrasi	C	2	C2	Cr, OH
10	Discavity	Kerusakan pada thermocouple <i>Discavity Temperature</i> no.2	Penunjukan temperatur tidak akurat	<i>Life time, over/heat</i>	Penggantian, Kalibrasi	D	1	D1	Cr, OH
		Kerusakan pada thermocouple <i>Discavity Temperature</i> no.3	Penunjukan temperatur tidak akurat	<i>Life time, over/heat</i>	Penggantian, Kalibrasi	D	1	D1	Cr, OH
		Kerusakan pada thermocouple <i>Discavity Temperature</i> no.4	Penunjukan temperatur tidak akurat	<i>Life time, over/heat</i>	Penggantian, Kalibrasi	D	1	D1	Cr, OH
11	Flame Scanner	Kerusakan pada <i>chassis flame scanner</i>	Gt Trip saat start up,	<i>Life time</i>	Penggantian Pengecekan tegangan DC	D	2	D2	Cr, OH

No	Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	Probability Failure	Severe Effect	RPN	Maintenance
12	Thermocouple	Kerusakan Thermocouple RCA	Temperatur RCA tidak terpantau	sensor rusak, kabel <i>grounding</i>	Kalibrasi, Penggantian	A	2	A2	Cr, OH
13	Combustor RCA	Combustor RCA Flanges ke 1 rusak	Kebocoran <i>exhaust gas</i>	<i>Life time</i>	Penggantian	D	2	D2	Cr, OH
		Combustor RCA Flanges ke 2 rusak	Kebocoran <i>exhaust gas</i>	<i>Life time</i>	Penggantian	D	2	D2	Cr, OH
		Combustor RCA Flanges ke 3 rusak	Kebocoran <i>exhaust gas</i>	<i>Life time</i>	Penggantian	D	2	D2	Cr, OH
14	RCA Cooler	Sight glass RCA rusak	air pendingin tidak terpantau	Life time, <i>overheat</i>	Penggantian	A	2	A2	OH
		Packing mika	kebocoran air pendingin	<i>Life time</i>	Penggantian	A	2	A2	OH
15	Temperatur indikator	Penunjukan temperatur indikator tidak aktual	Temperatur RCA tidak terpantau	<i>Life time</i>	Kalibrasi, Penggantian	A	1	A1	Cr, OH
16	Exciter Set	Kerusakan pada holder brush <i>grounding</i>	Tegangan eksitasi tidak tersalur dengan baik	Kerusakan pegas holder	Penggantian	D	2	D2	Cr, OH
		Kerusakan pada brush <i>grounding</i>	Tegangan eksitasi tidak tersalur dengan baik	<i>Life time</i>	Penggantian	D	2	D2	Cr, OH
		Kerusakan pada holder brush eksitasi	Tegangan eksitasi tidak tersalur dengan baik	Kerusakan pegas holder	Penggantian	D	2	D2	Cr, OH

No	Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	Probability Failure	Severe Effect	RPN	Maintenance
17	Igniter	Kerusakan pada Spark Plug	GT gagal pengapian saat startup	Arus pada spark plug terlalu kecil	Penggantian	D	3	D3	Cr, OH
		KABEL IGNITER GAS TURBINE TEG : 4500 VDC	Tegangan eksitasi tidak tersalur dengan baik	<i>Life time</i>	Penggantian	A	1	A1	OH
18	Transformator	SF6 berkurang	Terjadi ledakan pada trafo	kebocoran pada penampung gas	Pengisian SF6 secara berkala	C	3	C3	CBM, OH
		Silica gel jenuh	Kelembaban gas pada transformator tinggi	<i>Life time</i>	Penggantian	D	2	D2	CBM, OH
		Foto Cell rusak	Kondisi trafo tidak termonitor	<i>Life time</i>	Penggantian	D	2	D2	CBM, OH
		Insulating Oil melebihi masa pakai	<i>short circuit</i>	<i>Life time</i>	Penggantian	A	4	D2	OH
19	Torque Converter	Solenoid valve rusak	GT gagal start	<i>Short circuit, life time</i>	Penggantian	D	3	D3	Cr, OH
		Penunjukan tekanan tidak aktual	tekanan tidak termonitor	Pressure indicator rusak	Kalibrasi, penggantian	A	1	A1	Cr, OH
		Cam clutch rusak	putaran shaft GT tidak normal	Kekurangan oli	Penggantian	C	2	C2	Cr, OH
		Ball bearing rusak	putaran shaft GT tidak normal	Kekurangan oli	Penggantian	A	4	A4	OH
		Roller bearing rusak	putaran shaft GT tidak normal	Kekurangan oli	Penggantian	A	4	A4	OH
		Gasket rusak	kebocoran oli	<i>Life time</i>	Penggantian	A	4	A4	OH

No	Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Tindakan Saat Ini	Probability Failure	Severe Effect	RPN	Maintenance
20	IGV	Kerusakan pada positioner IGV	GT mengalami derating	Nozzle kotor, <i>life time</i>	Perbaikan, kalibrasi, penggantian	D	3	D3	Cr, OH
		Kerusakan pada limit Switch	Sinyal full open close IGV tidak termonitor	pergeseran limit switch, <i>life time</i>	<i>Adjustment</i>	A	1	A1	Cr, OH
		Kerusakan pada I/P transducer	GT mengalami derating	<i>Life time</i>	Kalibrasi, penggantian	A	3	A3	OH
		Kerusakan pada pneumatic actuator	GT mengalami derating	kebocoran pada membran aktuator,	Perbaikan, kalibrasi, penggantian	A	3	A3	OH
21	Bleed Valve	Kerusakan pada SV Bleed Valve	GT gagal start atau trip	<i>Life time</i>	Penggantian	D	3	D3	Cr, OH
		Kerusakan pada pneumatic actuator	GT gagal start atau trip	<i>Life time</i>	Perbaikan, kalibrasi, penggantian	A	4	A4	OH
		Kerusakan pada limit switch	GT gagal start atau trip	Pergeseran limit switch, <i>life time</i>	<i>Adjustment</i>	A	3	A3	Cr, OH
22	Instrument Air Dryer (IAD)	Kerusakan pada SV Exhaust	IAD tidak dapat <i>changeover</i>	<i>Life time</i>	Penggantian	C	2	C2	Cr, OH
		Kerusakan pada SV Switching Valve	IAD tidak dapat <i>changeover</i>	<i>Life time</i>	Penggantian	C	2	C2	Cr, OH
		Kerusakan pada pilot valve	IAD tidak dapat <i>changeover</i>	Karet seal rusak	Penggantian	C	2	C2	Cr, OH

Halaman ini sengaja dikosongkan